This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

https://books.google.com

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

WIDENER
HN YBCD 0

Digitized by Google

S 205.11

Harvard College Library

BOUGHT WITH INCOME

FROM THE BEQUEST OF

HENRY LILLIE PIERCE,

OF BOSTON.

Under a vote of the President and Fellows,
October 24, 1898.

9 July, 1900.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

PAGES CHOISIES

DES

SAVANTS MODERNES

Digitized by Google

DU MÊME AUTEUR

A LA MÊME LIBRAIRIE

MATHÉMATIQUES ET MATHÉMATICIENS; pensées et curiosités. — Un vol. in-8°, 3e édition, 1898. Prix, 5 fr.

LES FEMMES DANS LA SCIENCE. — Un vol. in-8°, orné de portraits et d'autographes, 2e édition, 1897. Prix, 5 fr.

LA VIE ET LES TRAVAUX DES SAVANTS MODERNES, d'après les documents académiques. — Un vol. in-8°, orné de portraits, 1899. Prix, 5 fr.

Digitized by Google

PAGES CHOISIES

DES

SAVANTS MODERNES

EXTRAITES DE LEURS ŒUVRES

PAR

A. REBIÈRE

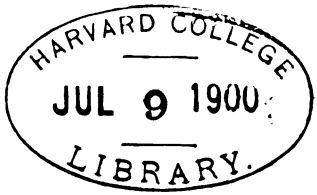
ORNÉ DE PORTRAITS

PARIS
LIBRAIRIE NONY & Cie
63, Boulevard Saint-Germain, 63

1900

Digitized by Google

S 2.0.5.11



Pierce fund

Digitized by Google

AVANT-PROPOS

Dans un premier volume [1], la vie et les travaux de chaque savant moderne ont été étudiés par d'autres savants et, en particulier, par les Secrétaires de l'Académie des sciences. Dans ce second volume, chaque savant prend la parole pour son propre compte et il expose lui-même ses idées et ses découvertes.

On a publié de nombreux *Morceaux choisis* des écrivains, des poètes, des historiens et des philosophes. Mais ce qui a été fait — avec une certaine outrance — pour les Lettres restait encore à faire pour les Sciences [2]. On peut en être surpris, étant donnée l'importance toujours croissante de ces dernières, pendant le siècle qui va finir.

Nos savants classiques ne se bornaient pas à instruire leurs disciples directs, ils parlaient aussi aux autres hommes dans les préfaces, les têtes de chapitre, les résumés et les notes de leurs ouvrages. Il suffisait de réunir ce qui était ainsi dispersé.

---

1. ***La vie et les travaux des Savants modernes, d'après les documents académiques.***

2. Signalons cependant deux recueils spéciaux, les *Lectures scientifiques* de M. Gay, pour la physique et la chimie, et celles de M. Leclerc du Sablon, pour les sciences naturelles.

Digitized by Google

A son grand regret, Locke, ne pouvant suivre les profondes démonstrations de Newton, se contenta, d'après notre maître, M. Joseph Bertrand, des « fortes et sobres réflexions qui étincellent de loin en loin au milieu des formules algébriques ; non moins ému qu'éclairé par les rayons même affaiblis de cette grande lumière, il n'en demanda pas davantage. »

D'après Montesquieu, « Les sciences gagnent beaucoup à être traitées d'une manière ingénieuse et délicate ; c'est par là qu'on en ôte la sécheresse, qu'on en prévient la lassitude et qu'on les met à la portée de tous les esprits. »

On trouvera dans ce recueil, non seulement des aperçus purement scientifiques, mais encore des extraits sur l'histoire et la philosophie des Sciences et aussi sur les Méthodes de découverte et d'enseignement.

Le texte a été illustré d'une nouvelle série de portraits.

Nos deux livres sur les Savants modernes se complètent l'un l'autre. Nous avons puisé aux sources originales les notions générales des sciences qui sont indispensables aux esprits cultivés.

Il faudrait, pour compléter le tableau, deux autres volumes, l'un consacré aux Savants de l'Antiquité et du Moyen Age et l'autre aux Savants contemporains.

Digitized by Google

LES GRANDS PRÉCURSEURS

Digitized by Google

Digitized by Google

COPERNIC

Les Planètes circulent autour du Soleil. [1]

Il m'est permis de croire qu'aussitôt que l'on connaîtra ce que j'ai écrit dans cet ouvrage sur les mouvements de la Terre, on criera haro sur moi. Du reste, je ne suis pas assez amoureux de mes idées pour ne pas tenir compte de ce que d'autres en penseront; puis, bien que les pensées d'un philosophe s'écartent des sentiments du vulgaire, parce qu'il se propose la recherche de la vérité, autant que Dieu l'a permis à la raison humaine, je ne suis pas cependant d'avis de rejeter entièrement les opinions qui semblent s'en éloigner. Tous ces motifs, ainsi que la crainte de devenir, à raison de la nouveauté et de l'absurdité apparente, un objet de risée, m'avaient fait presque renoncer à l'entreprise. Mais des amis, parmi lesquels le cardinal Schomberg et Tidemann, évêque de Kulm, parvinrent à vaincre ma répugnance.

. . . . . .

Figurons-nous un assemblage de membres détachés du corps humain, qui appartiendraient à des individus d'une taille et d'une conformation différentes. Si l'on s'avisait d'en composer un tout organisé, la disproportion des parties, leurs diverses configurations présenteraient l'aspect hideux d'un monstre, plutôt que la forme régulière de la figure humaine. Voilà les traits sous lesquels s'offrait à mes yeux l'édifice de l'Astronomie ancienne. L'explication des mouvements célestes m'y présentait à chaque pas des écueils où venaient se briser les opinions généralement reçues. Des suppositions favorables à certains cas,

1. Nous avons donné aux morceaux choisis des titres qui, en général, ne sont pas dans les auteurs.

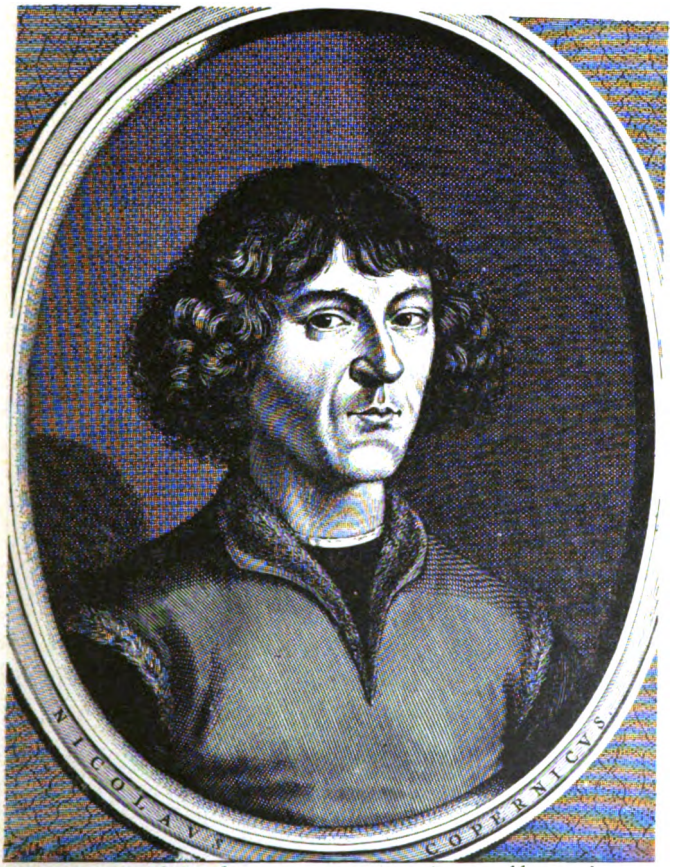
Digitized by Google

et ne pouvant s'ajuster à d'autres, tantôt adoptées, tantôt interprétées faussement, tantôt abandonnées, loin d'éclairer la marche du raisonnement, jetaient autant de confusion dans les choses que d'obscurité dans l'esprit. Elles écartaient la conviction en prêtant à l'ouvrage merveilleux de la nature toutes les couleurs de la bizarrerie. Que devais-je penser d'un pareil échafaudage enveloppé d'un nuage épais, s'affaissant et s'écroulant de toute part sous le poids des contradictions et des difficultés, sinon qu'il portait sur une base frêle et caduque ?

. . . . . .

J'ai pensé, puisque d'autres avant moi ont osé imaginer une foule de cercles pour démontrer les phénomènes astronomiques, que je pourrais me permettre aussi d'examiner si, en supposant la terre immobile, on ne parviendrait pas à trouver, sur la révolution des corps célestes, des démonstrations plus solides que celles qui ont été mises en avant. Après de longues recherches, je me suis enfin convaincu : que le Soleil est une étoile fixe, entourée des planètes qui tournent autour d'elle, et dont elle est le centre et le flambeau; qu'outre les planètes principales il en est encore du second ordre qui circulent d'abord comme satellites autour de leurs planètes principales, et avec celles-ci autour du Soleil ; que la Terre est une planète principale, assujettie à un triple mouvement ; que tous les phénomènes des mouvements diurne et annuel, le retour périodique des saisons, toutes les vicissitudes de la lumière et de la température de l'atmosphère qui les accompagnent sont les résultats de la rotation de la Terre autour de son axe et de son mouvement périodique autour du Soleil ; que le cours apparent des étoiles n'est qu'une illusion d'optique, produite par le mouvement réel de la Terre et par les oscillations de son axe ; enfin que le mouvement de toutes les planètes donne lieu à un double ordre de phénomènes qu'il est essentiel de distinguer, dont les uns dérivent du

Digitized by Google



Natura nemo iste faber fuit. aethera, terras
Restituit magna cum ratione senex.
Quam calcamus humum, medius suspendit in astris.
Et Luna comites altius ire cupit.
Mercurius prisco migrat de sedibus, vere
Immensis medium Gnidius orbis habet.
Hunc cecum existimat et omnis machina mundi
Immetoque hominum quilibet igne calet.
Iam cesa est cecum facies. Humana quid ultra
Mens queat? hic nostri terminus ingenii est
Cuncta sibi constant, luces noctesque. minorque
Est labor. hoc cælos constituisse modo.
Confudit mundum Ptolomæus gentibus, unus
Hic verum potuit reddere quis potior?
Bailly.

Digitized by Google

mouvement de la Terre, les autres de la révolution de ces planètes autour du Soleil.

Je ne doute pas que des mathématiciens ne soient de mon avis, s'ils veulent se donner la peine de prendre connaissance, non pas superficiellement, mais d'une manière approfondie, des démonstrations que je donnerai dans cet ouvrage.

. . . . . .

Si quelques hommes légers et ignorants voulaient abuser contre moi de quelques passages de l'Écriture, dont ils détourneraient le sens, je méprise leurs attaques ; les vérités mathématiques ne doivent être jugées que par des mathématiciens.

(*De revolutionibus orbium cœlestium.* Préface et dédicace au Pape Paul III.) [1]

1. Le commencement du morceau, d'allure timide, est extrait d'une préface qui, d'après Humboldt, ne serait pas de Copernic ; la dédicace au Pape est plus ferme.

Digitized by Google

VIÈTE

Le principe d'homogénéité.

La première et perpétuelle loi des égalités et proportions, qui, parce qu'elle dérive de la conception des homogènes, est dite loi des homogènes, consiste en ce que les grandeurs qui peuvent être comparées entre elles sont homogènes, car celles qui sont hétérogènes, comment pourraient-elles s'ajouter ?...

Par conséquent, si deux grandeurs sont ajoutées ou retranchées, elles sont homogènes ; si une grandeur est *duite*[1] sur une autre, si une grandeur est *appliquée*[2] à une autre grandeur, ces deux grandeurs sont hétérogènes.

C'est l'ignorance de ces principes qui causa la faiblesse et la cécité des anciens Analystes.

Les grandeurs qui, de genre en genre, montent ou descendent, sont appelées échelons ; ce sont : le côté, le quarré, le cube, le quarré-quarré, le quarré-cube, le cube-cube, le quarré-quarré-cube, le quarré-cube-cube, le cube-cube-cube, etc.

Les genres de grandeurs sont : la longueur, le plan, le solide, le plan-plan, le plan-solide, le solide-solide, le plan-plan-solide, le plan-solide-solide, le solide-solide-solide, etc.

Dans une série d'échelons, le plus élevé est appelé puissance ; les autres sont les degrés de la puissance.

Les puissances peuvent être ajoutées ou retranchées avec les grandeurs des mêmes genres ; exemple : un quarré-

---

1. La *duction* correspond à la multiplication.
2. L'*application* correspond à la division. Viète n'évalue pas les grandeurs en nombres, il leur ajoute ou leur retranche une ou plusieurs dimensions.

Digitized by Google

VIÈTE

Digitized by Google

Digitized by Google

quarré avec un plan-plan, lequel peut être un quarré-plan.

. . . . . .

Soient deux grandeurs A et B, il faut duire A sur B. Elles produiront une grandeur qui leur sera hétérogène et qui sera commodément signifiée par les mots *par* ou *sur*, comme A par B, ou A sur B.

Au reste, les dénominations des grandeurs faites de celles qui sont rangées dans l'échelle proportionnelle, de genre en genre, se forment de la manière suivante : le côté duit sur lui-même fait le quarré ; le côté sur le quarré fait le cube ; le côté sur le cube fait le quarré-quarré, etc. Et pour les homogènes : la longueur sur la largeur fait le plan ; la longueur sur le plan fait le solide, etc. ; le plan sur le plan fait le plan-plan, etc.

. . . . . .

Soient deux grandeurs A et B, il faut appliquer A à B. Ces grandeurs sont hétérogènes et la plus haute (dans l'échelle des homogènes) est celle qu'il faut appliquer. On tirera une petite ligne entre A, la plus haute, et B, la plus basse, qui est celle à laquelle se fait l'application. Si A est un plan et B une ligne, $\frac{\text{A plan}}{\text{B}}$ marque la largeur qui revient de l'application de A plan à la longueur B. Si A est cube et B plan, $\frac{\text{A cube}}{\text{B plan}}$ sera la largeur qui provient de l'application de A cube à B plan.

(*Isagogè in artem analyticen.* Introduction à l'art de l'Analyse.)

Digitized by Google

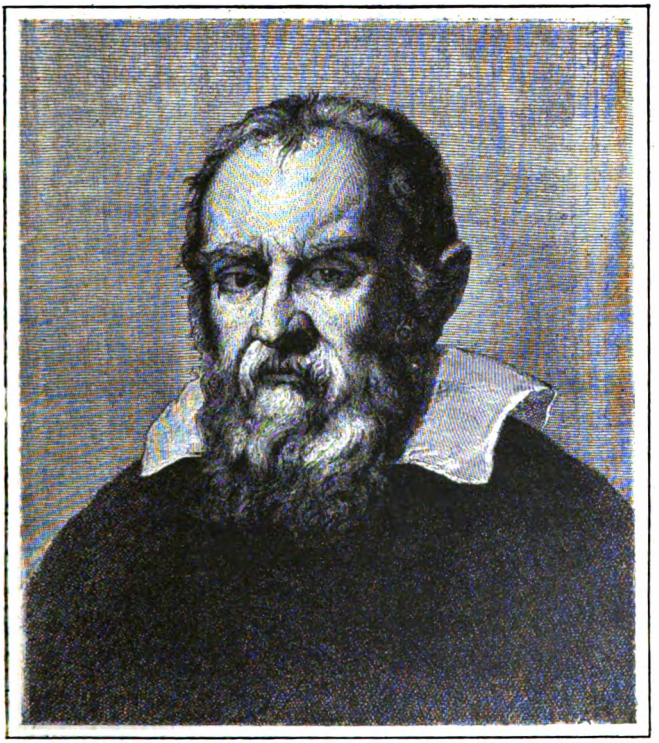
GALILÉE

L'utilité des machines.

Avant d'entreprendre la spéculation des instruments de la Méchanique, il faut remarquer en général les commoditez, et les profits que l'on en peut tirer, afin que les artisans ne croyent pas qu'ils puissent seruir aux opérations, dont ils ne sont pas capables, et que l'on puisse leuer de grands fardeaux avec peu de force : car la nature ne peut être trompée, ni céder ses droits : et nulle résistence ne peut être surmontée que par une plus grande force, comme ie feray voir apres : et consequemment les Machines ne peuuent seruir à leuer de plus grands fardeaux que ceux qu'vne force égale peut leuer sans l'ayde d'aucun instrument ; c'est pourquoy il faut expliquer les vrayes vtilitez des Machines, afin que l'on ne trauaille pas en vain, et que l'estude qu'on en fera reüssisse heureusement.

Il faut donc ici considérer 4. choses, à sçauoir; le fardeau que l'on veut transporter d'vn lieu à vn autre : la force qui le doit mouuoir; la distance par laquelle se fait le mouuement ; et le temps dudit mouuement, parce qu'il sert pour en déterminer la vitesse, puisqu'elle est d'autant plus grande que le corps mobile, ou le fardeau passe par vne plus grande distance en mesme temps : de sorte que si l'on suppose telle résistence, telle force et telle distance déterminée que l'on voudra, il n'y a nul doute que la force requise conduira le fardeau à la distance donnée, quoy que ladite force soit tres-petite, pourueu que l'on diuise le fardeau en tant de parties que la force en puisse mouuoir vne, car elle les transportera toutes les vnes après les autres ; d'où il s'ensuit que la moindre force du monde peut transporter tel poids que l'on uoudra.

Digitized by Google



GALILÉE.

Digitized by Google

Digitized by Google

Mais l'on ne peut pas dire à la fin du transport, que l'on ayt remué vn grand fardeau avec peu de force, puisqu'elle a tousiours esté égale à chaque partie du fardeau : de manière que l'on ne gaigne rien avec les instruments, dautant que si l'on applique vne petite force à un grand fardeau, il faut beaucoup de temps, et que si l'on veut le transporter en peu de temps, il faut vne grande force. D'où l'on peut conclurre qu'il est impossible qu'vne petite force transporte vn grand poids dans moins de temps qu'vne plus grande force.

Neantmoins les Machines sont vtiles pour mouuoir de grands fardeaux tout d'vn coup sans les diuiser, parce que l'on a souuent beaucoup de temps, et peu de force, c'est pourqoy la longueur du temps recompense le peu de force : mais celuy-là se tromperoit qui voudroit abréger le temps en n'vsant que d'vne petite force, et monstreroit qu'il n'entend pas la nature des Machines, ny la raison de leurs effets.

La seconde vtilité des instruments consiste en ce qu'on les applique à des lieux dont on ne pourroit tirer, ou transporter les fardeaux, et beaucoup de choses sans leur ayde, comme l'on expérimente aux puits, dont on tire de l'eau avec une chorde attachée aux poulies, ou aux arbres des roües, par le moyen desquelles on en tire vne quantité dans vn certain temps, avec vne force limitée, sans qu'il soit possible d'en tirer vne plus grande quantité auec vne force égale, et en mesme temps. Aussi les pompes qui vuident le font des Nauires, n'ont-elles pas esté inuentées pour puiser, et tirer vne plus grande quantité d'eau dans le mesme temps, et par la mesme force dont on vse en puisant avec vn seau, mais parce qu'il est inutile à cet effet, dautant qu'il ne peut puiser l'eau sans s'enfoncer dedans, car il faudroit le coucher au fond pour puiser obliquement le peu d'eau qui reste : ce qui ne peut arriuer, quand on le descend avec une chorde, qui le porte perpendiculaire-

Digitized by Google

ment ; mais la pompe tire l'eau jusqu'à la dernière goutte.

La 3. vtilité des Machines est très grande, parce que l'on euite les grands frais et le coult en vsant d'vne force inanimée, ou sans raison, qui fait les mesmes choses que la force des hommes animée, et conduite par le jugement, comme il arriue lorsque l'on fait meuldre les moulins auec l'eau des estangs, on des fleuues, ou auec vn cheual, qui supplée la force de 5. ou 6. hommes. Et parce que le cheual a vne grande force, et qu'il manque de discours, l'on supplée le raisonnement necessaire, par le moyen des roües et des autres Machines qui sont ébranlées par la force du cheual, et qui remplissent, et transportent le vaisseau d'vn lieu à l'autre, et qui le vuident suivant le dessein de l'Ingenieur. Or il faut conclurre de tout ce discours que l'on ne peut rien gaigner en force que l'on ne le perde en temps, et que la plus grande vtilité des Machines consiste à épargner la dépence, comme j'ay monstré, et consequemment que ceux qui travaillent à suppléer la force, et le temps tout ensemble, ne méritent nullement d'auoir du temps puisqu'ils l'employent si mal.

(*Les Méchaniques* ; chap. premier. Traduction du P. Mersenne [1].)

L'Astronomie nouvelle et la Bible.

L'Écriture est toujours véritable, elle a toute autorité sur les questions de foi ; mais sa profondeur mystérieuse est souvent impénétrable à notre faible esprit, et l'on a grand tort d'y chercher des leçons de physique, qui n'y sont pas, ou qu'on ne peut comprendre. Si la vérité se trouve dans les livres sacrés, elle n'y est pas claire pour tous, et il faut se

1. Religieux minime (1588-1648) ; il a correspondu avec les savants de son temps, et les a stimulés.

Digitized by Google

servir, pour l'y apercevoir, de l'intelligence et de la raison que Dieu nous a données. L'Esprit-Saint les a dictés, et il est très vrai qu'il ne se trompe jamais ; mais lorsque nous interrogeons la nature, c'est lui aussi qui nous répond et nous enseigne.

Pourquoi refuser la discussion des faits ? Si vous êtes les plus forts et les mieux fondés sur ces matières, quels avantages n'aurez-vous pas quand nous les étudierons ensemble ! Les ouvrages de Dieu ne se démentent pas les uns les autres, les contradictions ne sont qu'apparentes ; et il faut les concilier, car la science ne peut être un affaiblissement de la foi.

(*Lettres.*)

La chute des graves.

Il s'agit du mouvement accéléré, et d'abord il convient de chercher la définition de celui dont use la nature. Car il n'y aurait pas d'absurdité à imaginer arbitrairement une loi de mouvement et à étudier les affections de ce mouvement ; mais si la définition de notre mouvement accéléré reproduit l'essence du mouvement naturellement accéléré, nous aurons, comme nous le voulons, étudié du même coup la loi de la chute des graves. C'est ce que nous croyons avoir trouvé, après y avoir longtemps pensé, parce que les lois que nous avons établies rationnellement s'accordent avec celles qui s'observent dans la nature. Au reste nous avons été conduits comme par la main à la découverte de la loi du mouvement naturellement accéléré, par l'observation des autres œuvres de la nature où elle n'emploie jamais que les moyens les plus simples et les plus faciles ; car je pense que personne ne croira que le vol et la natation puissent être réalisés par des moyens plus simples et plus faciles que ceux dont se servent d'instinct les oiseaux et les poissons. Lors donc que je vois qu'une pierre acquiert, dans sa chute,

Digitized by Google

d'incessants accroissements de vitesse, pourquoi ne penserai-je pas que ces accroissements sont réglés de la façon la plus simple ? Or, si nous y regardons attentivement, nous ne trouvons aucun mode d'accroissement plus simple que celui qui se fait toujours de la même manière. Et on le comprendra facilement en observant la très grande affinité qui se trouve entre le temps et le mouvement : car, de même que le mouvement uniforme se conçoit et se définit par l'uniformité dans les temps et l'égalité dans les espaces, de même nous pouvons concevoir que les accroissements de vitesse se fassent d'une manière simple dans les parties égales des temps, en imaginant que, dans le mouvement uniformément accéléré, la vitesse reçoive les mêmes accroissements dans des temps égaux quelconques, de sorte que le mobile acquérant au bout de deux particules de temps, au bout de trois, etc., des vitesses double, triple, etc., de celle qu'il avait acquise, à partir du repos, dans la première: s'il prenait au bout de chacune de ces particules de temps, un mouvement uniforme dont la vitesse fût la vitesse alors acquise, il parcourrait dans ces divers mouvements des chemins simple, double et triple, etc., dans un même temps.

Nous dirons donc qu'un mouvement uniformément accéléré est celui dans lequel la vitesse s'augmente de quantités égales dans des temps égaux quelconques.

(*Discorsi e dimostrazioni matematiche...*)

Le Pendule.

J'ai pris deux balles, l'une de plomb, l'autre de liège, celle-là bien plus de cent fois plus lourde que l'autre, toutes deux attachées à des fils fins et égaux, longs de 4 à 5 coudées, fixés par le haut. Puis les ayant éloignées l'une et l'autre de la verticale, je les ai laissées aller en même

Digitized by Google

temps ; et toutes deux descendant le long des circonférences des cercles décrits par les fils et de rayons égaux, dépassèrent la verticale ; puis elles revinrent en arrière par le même chemin et, répétant bien cent fois les mêmes allées et venues, elles ont montré d'une manière évidente que la boule lourde marche tellement dans le même temps que la légère, qu'elle ne dépasse pas ce temps ni en cent oscillations, ni en mille du plus petit intervalle, mais elle marche d'un pas tout à fait égal.

. . . . . .

Eloignant le pendule de plomb de 50° de la verticale, et le laissant en liberté, il court et dépassant la verticale de près de 50 autres degrés, il décrit un arc de près de 100°. Retournant alors en arrière, il décrit un autre arc plus petit ; et continuant ses oscillations, après un grand nombre de celles-ci, il revient enfin au repos. *Chacune des oscillations se fait dans des temps égaux*, tant celle de 90°, que celle de 50° ou de 20°, de 10°, de 4°. Il s'ensuit que la rapidité du mobile diminue toujours, puisqu'il décrit successivement des arcs de plus en plus petits.

. . . . . .

Ensuite quant à la proportion des temps des oscillations des mobiles suspendus à des fils de différentes longueurs, des expériences répétées que chacun peut faire, m'ont démontré que ces temps sont en proportion sous-doublée des longueurs des fils ; en d'autres termes, les longueurs des fils sont en proportion doublée des temps ; c'est-à-dire elles sont comme les carrés des temps des oscillations isolées ou d'un égal nombre d'oscillations ; de sorte que, si on veut que le temps des oscillations d'un pendule soit double du temps des oscillations d'un autre, il faut que la longueur de la corde de celui-là soit quadruple de la longueur de la corde de celui-ci. Et alors dans le temps d'une vibration d'un pendule, un autre en fera trois, si sa corde est neuf fois plus longue que celle de l'autre. Il suit de là que les lon-

Digitized by Google

gueurs des cordes ont entre elles la proportion réciproque qu'ont les carrés des nombres des oscillations qui se font dans le même temps.

(*Dialogo intorno ai due massimi sistemi del mondo, Tolemaico e Copernicano*. Passages traduits par J. GAY.)

Digitized by Google

KÉPLER

Piété et enthousiasme.

Avant de quitter cette table sur laquelle j'ai fait toutes mes recherches, il ne me reste plus qu'à élever mes yeux et mes mains vers le ciel et à adresser avec dévotion mon humble prière à l'Auteur de toute lumière :

O toi qui, par les lumières sublimes que tu as répandues sur toute la nature, élèves nos désirs jusqu'à la divine lumière de ta grâce, afin que nous soyons un jour transportés dans la lumière éternelle de ta gloire, je te rends grâces, Seigneur et Créateur, de toutes les joies que j'ai éprouvées dans les extases où m'a jeté la contemplation de l'œuvre de tes mains. Voilà que j'ai terminé ce livre qui contient le fruit de mes travaux, et j'ai mis à le composer la somme d'intelligence que tu m'as donnée. J'ai proclamé devant le monde toute la grandeur de tes œuvres, je lui en ai expliqué les témoignages, autant que mon esprit m'a permis d'en embrasser l'étendue infinie. J'ai fait tous mes efforts pour m'élever jusqu'à la vérité par les voies de la philosophie, et s'il m'était arrivé de dire quelque chose d'indigne de toi, à moi, méprisable vermisseau conçu et nourri dans le péché, fais-le moi connaître afin que je puisse l'effacer.

Ne me suis-je point laissé aller aux séductions de la présomption, en présence de la beauté admirable de tes ouvrages? Ne me suis-je pas proposé ma propre renommée parmi les hommes, en élevant ce monument qui devait être consacré uniquement à ta gloire? Oh! s'il en était ainsi, reçois-moi dans ta clémence et dans ta miséricorde, et accorde-moi cette grâce que l'œuvre que je viens d'ache-

Digitized by Google

ver soit à jamais impuissante à produire le mal, mais qu'elle contribue à ta gloire et au salut des âmes.

. . . . . .

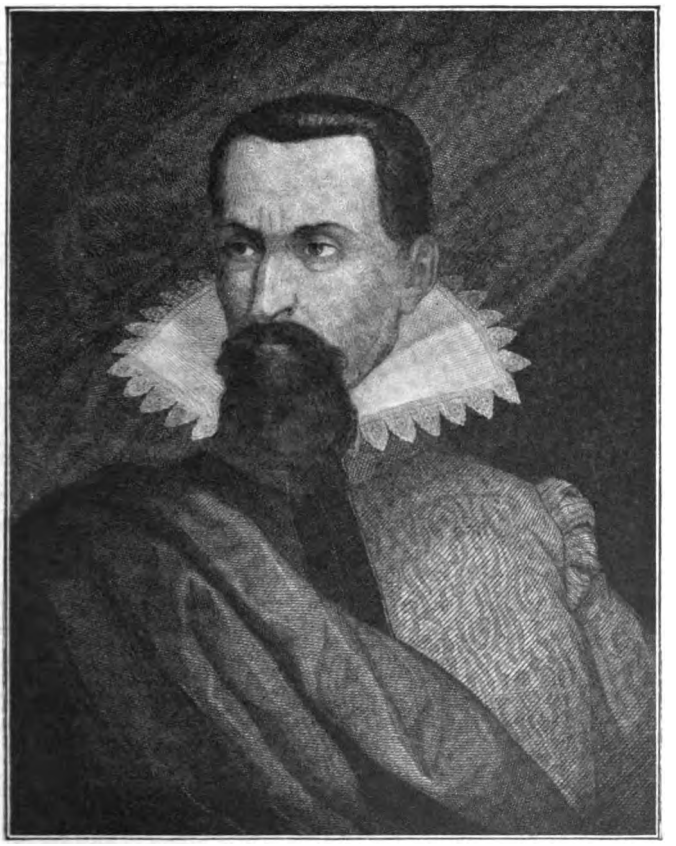
Depuis huit mois, j'ai vu le premier rayon de soleil; depuis trois mois, j'ai vu le jour; enfin, depuis peu de jours, j'ai vu le soleil de la plus admirable contemplation. Je me livre à mon enthousiasme... Si vous me pardonnez, je m'en réjouirai; si vous m'en faites un reproche, je le supporterai; le sort en est jeté. J'écris mon livre; il sera lu par l'âge présent ou par la postérité, peu importe; il pourra attendre son lecteur: Dieu n'a-t-il pas attendu six mille ans un contemplateur de ses œuvres?

. . . . . .

La sagesse de Dieu est infinie, ainsi que sa gloire et sa puissance. Cieux, chantez ses louanges! Soleil, lune et planètes, glorifiez-le dans votre ineffable langage! Harmonies célestes, et vous tous qui savez les comprendre, louez-le! Et toi, mon âme, loue ton Créateur! c'est par lui et en lui que tout existe. Ce que nous ignorons est enfermé en lui, aussi bien que notre vaine science. A lui, louange, honneur et gloire dans l'éternité?

(*Harmonices mundi.*)

Digitized by Google



KÉPLER

Digitized by Google

Digitized by Google

DESCARTES

Les principes des sciences.

J'ai pris garde, en examinant le naturel de plusieurs esprits, qu'il n'y en a presque point de si grossiers ni de si tardifs qu'ils ne fussent capables d'entrer dans les bons sentiments et même d'acquérir toutes les plus hautes sciences, s'ils étaient conduits comme il faut. Et cela peut aussi être prouvé par raison : car, puisque les principes sont clairs et qu'on n'en doit rien déduire que par des raisonnements très évidents, on a toujours assez d'esprit pour entendre les choses qui en dépendent. Mais, outre l'empêchement des préjugés, dont aucun n'est entièrement exempt, bien que ce sont ceux qui ont le plus étudié les mauvaises sciences auxquels ils nuisent le plus, il arrive presque toujours que ceux qui ont l'esprit modéré négligent d'étudier parce qu'ils n'en pensent pas être capables, et que les autres qui sont plus ardents se hâtent trop, d'où vient qu'ils reçoivent souvent des principes qui ne sont pas évidents, et qu'ils en tirent des conséquences incertaines. C'est pourquoi je voudrais assurer ceux qui se défient trop de leur force, qu'il n'y a aucune chose en mes écrits qu'ils ne puissent entièrement entendre s'ils prennent la peine de les examiner; et néanmoins aussi avertir les autres que même les plus excellents esprits auront besoin de beaucoup de temps et d'attention pour remarquer toutes les choses que j'ai eu dessein d'y comprendre.

En suite de quoi, pour faire bien concevoir quel dessein j'ai eu en les publiant, je voudrais ici expliquer l'ordre qu'il me semble qu'on doit tenir pour s'instruire. Premièrement,... avant toutes choses, tâcher de se former une morale qui puisse suffire pour régler les actions de sa vie, à cause

Digitized by Google

que cela ne souffre point de délai, et que nous devons surtout tâcher de bien vivre. Après cela, il doit aussi étudier la logique, non pas celle de l'école, car elle n'est, à proprement parler, qu'une dialectique qui enseigne les moyens de faire entendre à autrui les choses qu'on sait, ou même aussi de dire sans jugement plusieurs paroles touchant celles qu'on ne sait pas, et ainsi elle corrompt le bon sens plutôt qu'elle ne l'augmente; mais celle qui apprend à bien conduire sa raison pour découvrir les vérités qu'on ignore; et, parce qu'elle dépend beaucoup de l'usage, il est bon qu'il s'exerce longtemps à en pratiquer les règles touchant des questions faciles et simples comme sont celles des mathématiques. Puis, lorsqu'il s'est acquis quelque habitude à trouver la vérité en ces questions, il doit commencer tout de bon à s'appliquer à la vraie philosophie.

(Préface des *Principes de philosophie.*)

Méthode cartésienne.

Ces longues chaînes de raisons, toutes simples et faciles, dont les géomètres ont coutume de se servir pour parvenir à leurs plus difficiles démonstrations, m'avaient donné occasion de m'imaginer que toutes les choses qui peuvent tomber sous la connaissance des hommes s'entresuivent en même façon, et que, pourvu seulement qu'on s'abstienne d'en recevoir aucune pour vraie qui ne le soit, et qu'on garde toujours l'ordre qu'il faut pour les déduire les unes des autres, il n'y en peut avoir de si éloignées auxquelles enfin on ne parvienne, ni de si cachées qu'on ne découvre. Et je ne fus pas beaucoup en peine de chercher par lesquelles il était besoin de commencer, car je savais déjà que c'était par les plus simples et les plus aisées à connaître; et considérant qu'entre tous ceux qui ont ci-devant recherché la vérité dans les sciences il n'y a eu que les

Digitized by Google

DESCARTES

Digitized by Google

Digitized by Google

seuls mathématiciens qui ont pu trouver quelques démonstrations, c'est-à-dire quelques raisons certaines et évidentes, je ne doutais point que ce ne fût par les mêmes qu'ils ont examinées ; bien que je n'en espérasse aucune autre utilité, sinon qu'elles accoutumeraient mon esprit à se repaître de vérités et ne se contenter point de fausses raisons. Mais je n'eus pas dessein pour cela de tâcher d'apprendre toutes ces sciences particulières qu'on nomme communément mathématiques ; et, voyant qu'encore que leurs objets soient différents, elles ne laissent pas de s'accorder toutes, en ce qu'elles n'y considèrent autre chose que les divers rapports ou proportions qui s'y trouvent, je pensai qu'il valait mieux que j'examinasse seulement ces proportions en général et sans les supposer que dans les sujets qui serviraient à m'en rendre la connaissance plus aisée, même aussi sans les y astreindre aucunement, afin de les pouvoir d'autant mieux appliquer après à tous les autres auxquels elles conviendraient. Puis, ayant pris garde que pour les connaître j'aurais quelquefois besoin de les considérer chacune en particulier, et quelquefois seulement de les retenir ou de les comprendre plusieurs ensemble, je pensai que, pour les considérer mieux en particulier, je les devais supposer en des lignes, à cause que je ne trouvais rien de plus simple ni que je pusse plus distinctement représenter à mon imagination et à mes sens ; mais que, pour les retenir ou les comprendre plusieurs ensemble, il fallait que je les expliquasse par quelques chiffres, les plus courts qu'il serait possible ; et que, par ce moyen, j'emprunterais tout le meilleur de l'analyse géométrique et de l'algèbre et corrigerais tous les défauts de l'une par l'autre.

Comme, en effet, j'ose dire que l'exacte observation de ce peu de préceptes que j'avais choisis me donna telle facilité à démêler toutes les questions auxquelles ces deux sciences s'étendent, qu'en deux ou trois mois que j'employai à les examiner, ayant commencé par les plus simples et les

Digitized by Google

plus générales, et chaque vérité que je trouvais étant une règle qui me servait après à en trouver d'autres, non seulement je vins à bout de plusieurs que j'avais jugées autrefois très difficiles, mais il me sembla aussi vers la fin que je pouvais déterminer, en celles mêmes que j'ignorais, par quels moyens et jusqu'où il était possible de les résoudre. En quoi je ne vous paraîtrai peut-être pas être fort vain si vous considérez que, n'y ayant qu'une vérité de chaque chose, quiconque la trouve en sait autant qu'on peut savoir ; et que, par exemple, un enfant instruit en l'arithmétique, ayant fait une addition suivant ses règles, se peut assurer d'avoir trouvé, touchant la somme qu'il examinait, tout ce que l'esprit humain saurait trouver ; car enfin la méthode qui enseigne à suivre le vrai ordre et à dénombrer exactement toutes les circonstances de ce qu'on cherche contient tout ce qui donne de la certitude aux règles d'arithmétique.

Mais ce qui me contentait le plus de cette méthode était que, par elle, j'étais assuré d'user en tout de ma raison, sinon parfaitement, au moins le mieux qu'il fût en mon pouvoir : outre que je sentais, en la pratiquant, que mon esprit s'accoutumait peu à peu à concevoir plus nettement et plus distinctement les objets ; et que, ne l'ayant point assujettie à aucune matière particulière, je me promettais de l'appliquer aussi utilement aux difficultés des autres sciences que j'avais fait à celles de l'algèbre.

(*Discours de la Méthode*, 2e partie.)

Application de l'algèbre à la géométrie.

Ainsi, voulant résoudre quelque problème, on doit le considérer comme déjà fait, et donner des noms à toutes les lignes qui semblent nécessaires pour le construire, aussi bien à celles qui sont inconnues qu'aux autres. Puis,

Digitized by Google

sans considérer aucune différence entre les lignes connues et inconnues, on doit parcourir la difficulté selon l'ordre qui montre le plus naturellement de tous en quelle sorte elles dépendent mutuellement les unes des autres, jusqu'à ce qu'on ait trouvé moyen d'exprimer une même quantité en deux façons, ce qui se nomme une équation ; car les termes de l'une de ces deux façons sont égaux l'un à l'autre. Et l'on doit trouver autant de telles équations qu'on a supposé de lignes qui étaient inconnues. Ou bien, s'il ne s'en trouve pas tant, et que nonobstant on n'omette rien de ce qui est désiré en la question, cela témoigne qu'elle n'est pas entièrement déterminée. Et lors on peut prendre à discrétion des lignes connues pour toutes les inconnues auxquelles ne correspond aucune équation. Après cela, s'il en reste encore plusieurs, il faut se servir par ordre de chacune des équations qui restent aussi, soit en la considérant toute seule, soit en la comparant avec les autres, pour expliquer chacune de ces lignes inconnues, et faire ainsi en les démêlant, qu'il n'en demeure qu'une seule égale à quelque autre qui soit connue, ou bien dont le carré, ou le cube, ou le carré du carré, ou le sursolide [1], ou le carré du cube, etc., soit égal à ce qui se produit par l'addition ou soustraction de deux ou plusieurs autres quantités, dont l'une soit connue, et les autres soient composées de quelques moyennes proportionnelles entre l'unité et ce carré, ou cube, ou carré de carré, etc., multipliées par d'autres connues...

Et on peut toujours réduire ainsi toutes les quantités inconnues à une seule, lorsque le problème se peut construire par des cercles et des lignes droites, ou aussi par des sections coniques, ou même par quelque autre ligne qui ne soit que d'un ou deux degrés plus composée. Mais je ne m'arrête point à expliquer ceci plus en détail, à cause que je vous ôterais le plaisir de l'apprendre de vous-même, et

1. La 5e puissance.

Digitized by Google

l'utilité de cultiver votre esprit en vous y exerçant, qui est à mon avis la principale de cette science.

(*La géométrie* ; livre I. Edition A. HERMANN.)

Classification des courbes.

Je pourrois mettre ici plusieurs autres moyens pour tracer et concevoir des lignes courbes qui seroient de plus en plus composées par degrés à l'infini ; mais pour comprendre ensemble toutes celles qui sont en la nature, et les distinguer par ordre en certains genres, je ne sache rien de meilleur que de dire que tous les points de celles qu'on peut nommer géométriques, c'est-à-dire qui tombent sous quelque mesure précise et exacte, ont nécessairement quelque rapport à tous les points d'une ligne droite, qui puisse être exprimée par quelque équation, en tous par une même ; et que, lorsque cette équation ne monte que jusqu'au rectangle de deux quantités indéterminées, ou bien au carré d'une même, la ligne courbe est du premier et du plus simple genre, dans lequel il n'y a que le cercle, la parabole, l'hyperbole et l'ellipse qui soient comprises ; mais que lorsque l'équation monte jusqu'à la troisième ou quatrième dimension des deux, ou de l'une des deux quantités indéterminées (car il en faut deux pour expliquer ici le rapport d'un point à un autre), elle est du second ; et que lorsque l'équation monte jusqu'à la cinquième ou sixième dimension, elle est du troisième ; et ainsi des autres à l'infini.

(*Idem* ; livre II.)

Résumé et péroraison.

Mais mon dessein n'est pas de faire un gros livre, et je tâche plutôt de comprendre beaucoup en peu de mots, comme on

Digitized by Google

jugera peut-être que j'ai fait, si on considère qu'ayant réduit à une même construction tous les problèmes d'un même genre, j'ai tout ensemble donné la façon de les réduire à une infinité d'autres diverses, et ainsi de résoudre chacun d'eux en une infinité de façons ; puis outre cela, qu'ayant construit tous ceux qui sont plans en coupant d'un cercle une ligne droite, et tous ceux qui sont solides en coupant d'un cercle une parabole, et enfin tous ceux qui sont d'un degré plus composé en coupant tout de même d'un cercle une ligne qui n'est que d'un degré plus composé que la parabole, il ne faut que suivre la même voie pour construire tous ceux qui sont plus composés à l'infini : car en matière de progressions mathématiques, lorsqu'on a les deux ou trois premiers termes, il n'est pas malaisé de trouver les autres. Et j'espère que nos neveux me sauront gré, non seulement des choses que j'ai ici expliquées, mais aussi de celles que j'ai omises volontairement, afin de leur laisser le plaisir de les inventer.

(*Idem* ; livre III.)

Digitized by Google

FERMAT

La haute arithmétique.

Et pource que les Méthodes ordinaires qui sont dans les livres estoyent insuffisantes à demonstrer des propositions si difficiles, je trouvay enfin une route tout à fait singulière pour y parvenir. J'appellay cette manière de démonstrer la descente infinie ou indefinie, etc.

Je m'en seruis au commencement pour demonstrer les propositions négatives, comme par exemple qu'il n'y a aucun nombre moindre dè l'unité qu'un multiple de 3 qui soit composé d'un quarré et du triple d'un autre quarré; qu'il n'y a aucun triangle rectangle de nombres entiers dont l'aire soit un nombre quarré. La preuve se fait... en cette manière : S'il y auoit aucun triangle rectangle en nombres entiers, qui eust son aire esgale à un quarré, il y auroit un autre triangle moindre que celuy là qui auroit la mesme propriété; s'il y en auoit un second moindre que le premier qui eust la mesme propriété il y en auroit par un pareil raisonnement un troisieme moindre que ce second qui auroit la mesme propriété et enfin un quatrieme, un cinquieme, etc., à l'infini en descendant. Or est il qu'estant donné un nombre, il n'y en a point infinis en descendant moindres que celuy la, j'entens parler des nombres entiers. D'ou on conclud qu'il est donc impossible qu'il y ait aucun triangle rectangle dont l'aire soit quarré.

On infère de la qu'il n'y en a non plus en fractions dont l'aire soit quarré, car s'il y en auoit en fractions, il y en auroit en nombres entiers, ce qui ne peut pas estre, car il se peut preuuer par la descente.

Je n'adjouste pas la raison d'où j'infère que s'il y auoit un triangle rectangle de cette nature, il y en auroit un autre

Digitized by Google

FERMAT

Digitized by Google

Digitized by Google

de mesme nature, moindre que le premier, parce que le discours en seroit trop long et que c'est la tout le mystere de la methode. Je seray bien aise que les Pascals et les Roberuals et tant d'autres sçauants la cherchent sur mon indication.

Je fus longtemps sans pouuoir appliquer ma methode aux questions affirmatiues, parce que le tour et le biais pour y venir est beaucoup plus malaisé que celuy dont je me sers aux negatives. De sorte que lorsqu'il me fallut demonstrer que tout nombre premier qui surpasse de l'unité un multiple de 4, est composé de deux quarrez je me treuuay en belle peine. Mais enfin une méditation diverses fois reiterée me donna les lumières qui me manquoient. Et les questions affirmatiues passerent par ma methode à l'ayde de quelques nouueaux principes qu'il y fallust joindre par necessité.

Ce progrès de mon raisonnement en ces questions affirmatives estoit tel. Si un nombre premier pris a discretion qui surpasse de l'unité un multiple de 4, n'est point composé de deux quarrez, il y aura un nombre premier de mesme nature moindre que le donné; et ensuite un troisième encore moindre, etc., en descendant à l'infini jusques à ce que uous arriviez au nombre 5, qui est le moindre de tous ceux de cette nature, lequel il s'en suivroit n'estre pas composé de deux quarrez.

Il y a infinies questions de cette espece, mais il y en a quelques autres qui demandent de nouveaux principes pour y appliquer la descente, et la recherche en est quelquefois si mal aisée, qu'on n'y peut uenir qu'auec une peine extrême. Telle est la question suiuante que Bachet [1] sur Diophante avoüe n'avoir jamais peu demonstrer sur le

---

1. Auteur des *Problèmes plaisans et délectables qui se font par les nombres* (1612). — Voir nôtre livre : *Mathématiques et Mathématiciens*, pensées et curiosités.

Digitized by Google

sujet de laquelle M. Descartes fait dans une de ses lettres la mesme declaration, jusque là qu'il confesse qu'il la juge si difficile qu'il ne voit point de voye pour la résoudre! tout nombre est quarré, ou composé de deux, de trois ou quatre quarrez.

Je l'ay enfin rangé, sous ma methode, et je demonstre que si un nombre donné n'estoit point de cette nature, il y en auroit un moindre qui ne le seroit pas non plus, puis un troisième moindre que le second, etc., à l'infini, d'où l'on infere que tous les nombres sont de cette nature.

. . . . . .

Voila sommairement le conte de mes recherches sur le sujet des nombres. Je ne l'ay escript que parce que j'apprehende que le loisir d'estendre et de mettre au long toutes ces demonstrations et methodes me manquera. En tout cas cette indication seruira aux sçauants pour trouuer d'eux mesmes ce que je n'estens point... Et peut estre la posterité me scaura gré de luy avoir fait connoistre que les anciens n'ont pas tout sceu, et cette relation pourra passer dans l'esprit de ceux qui viendront apres moy pour *traditio lampadis ad filios*, comme parle le grand Chancelier d'Angleterre [1], suiuant le sentiment et la deuise duquel j'adjousteray, *multi pertransibunt et augebitur scientia*.

(*Relations des nouvelles descouvertes en la science des nombres.*)

---

1. François Bacon qui, dans son *Novum organum*, a préconisé la méthode expérimentale (1561-1626). Ne pas confondre avec Roger Bacon.

Digitized by Google

VARIA OPERA
MATHEMATICA
D. PETRI DE FERMAT,
SENATORIS TOLOSANI.

Acceſſerunt ſelectæ quædam ejuſdem Epiſtolæ, vel ad ipſum à pleriſque doctiſsimis viris Gallicè, Latinè, vel Italicè, de rebus ad Mathematicas diſciplinas, aut Phyſicam pertinentibus ſcriptæ.

TOLOSÆ,

Apud JOANNEM PECH, Comitiorum Fuxenſium Typographum, juxta Collegium PP. Societatis JESU.

M. DC. LXXIX.

Digitized by Google

PASCAL

L'horreur du vide.

... On apprit par toutes ces expériences que l'eau ne s'élève que jusqu'à une certaine hauteur ; mais on n'apprit pas qu'elle s'élevât plus haut dans les lieux plus profonds : on pensait, au contraire, qu'elle s'élevait toujours à la même hauteur, qu'elle était invariable en tous les lieux du monde ; et comme on ne pensait point à la pesanteur de l'air, on s'imagina que la nature de la pompe est telle, qu'elle élève l'eau à une certaine hauteur limitée, et puis plus. Aussi Galilée la considéra comme la hauteur naturelle de la pompe, et il l'appela *la altessa limitatessima*.

Aussi comment se fût-on imaginé que cette hauteur eût été variable, suivant la variété des lieux ? Certainement cela n'était pas vraisemblable ; et cependant cette dernière erreur mettait encore hors d'état de prouver que la pesanteur de l'air est la cause de ces effets ; car comme elle est plus grande sur le pied des montagnes que sur le sommet, il est manifeste que les effets y seront plus grands à proportion.

C'est pourquoi je conclus qu'on ne pouvait arriver à cette preuve, qu'en faisant l'expérience en deux lieux élevés l'un au-dessus de l'autre, de quatre cents ou cinq cents toises ; et je choisis pour cela la montagne du Puy-de-Dôme en Auvergne...

Cette expérience ayant découvert que l'eau s'élève dans les pompes à des hauteurs toutes différentes, suivant la variété des lieux et des temps, et qu'elle est toujours proportionnée à la pesanteur de l'air, elle acheva de donner la connaissance parfaite de ces effets ; elle termina tous les doutes ; elle montra quelle en est la véritable cause ; elle

Digitized by Google

PASCAL

Digitized by Google

Digitized by Google

fit voir que l'horreur du vide ne l'est pas ; et enfin elle fournit toutes les lumières qu'on peut désirer sur ce sujet.

Qu'on rende raison maintenant, s'il est possible, autrement que par la pesanteur de l'air, pourquoi les pompes aspirantes élèvent l'eau plus bas d'un quart sur le Puy-de-Dôme en Auvergne qu'à Dieppe.

Pourquoi un même siphon élève l'eau et l'attire à Dieppe, et non pas à Paris.

Pourquoi deux corps polis, appliqués l'un contre l'autre, sont plus faciles à séparer sur un clocher que dans la rue.

Pourquoi un soufflet bouché de tous côtés est plus facile à ouvrir sur le haut d'une maison que dans la cour.

Pourquoi, quand l'air est plus chargé de vapeurs, le piston d'une seringue bouchée est plus difficile à tirer.

Enfin pourquoi tous ces effets sont toujours proportionnés au poids de l'air, comme l'effet à la cause.

Est-ce que la nature abhorre plus le vide sur les montagnes que dans les vallons, quand il fait humide que quand il fait beau ? Ne le hait-elle pas également sur un clocher, que dans un grenier ou dans les cours ?

Que tous les disciples d'Aristote assemblent tout ce qu'il y a de fort dans les écrits de leur maître et de ses commentateurs, pour rendre raison de ces choses par l'horreur du vide, s'ils le peuvent : sinon qu'ils reconnaissent que les expériences sont les véritables maîtres qu'il faut suivre dans la physique ; que celle qui a été faite sur les montagnes, a renversé cette croyance universelle du monde, que la nature abhorre le vide, et ouvert cette connaissance qui ne saurait jamais plus périr, que la nature n'a aucune horreur pour le vide, qu'elle ne fait aucune chose pour l'éviter, et que la pesanteur de la masse de l'air est la véritable cause de tous les effets qu'on avait jusqu'ici attribués à cette cause imaginaire.

(*Traité de la pesanteur de la masse de l'air.*)

Digitized by Google

Le principe d'Archimède.

Nous voyons par là que l'eau pousse en haut les corps qu'elle touche par dessous ; qu'elle pousse en bas ceux qu'elle touche par dessus ; et qu'elle pousse de côté ceux qu'elle touche par le côté opposé : d'où il est aisé de conclure que quand un corps est tout dans l'eau, comme l'eau le touche par dessous, par dessus et par tous les côtés, elle fait effort pour le pousser en haut, en bas et vers tous les côtés : mais comme sa hauteur est la mesure de la force qu'elle a dans toutes ses impressions, on verra bien aisément lequel de tous ces efforts doit prévaloir.

Car il paraît d'abord que comme elle a une pareille hauteur sur toutes les faces des côtés, elle les poussera également ; et partant ce corps ne recevra aucune impression vers aucun côté, non plus qu'une girouette entre deux vents égaux. Mais comme l'eau a plus de hauteur sur la face d'en bas que sur celle d'en haut, il est visible qu'elle le poussera plus en haut qu'en bas : comme la différence de ces hauteurs de l'eau est la hauteur du corps même, il est aisé d'entendre que l'eau le pousse plus en haut qu'en bas, avec une force égale au poids d'un volume d'eau pareil à ce corps.

De sorte qu'un corps qui est dans l'eau y est porté de la même sorte, que s'il était dans un bassin de balance, dont l'autre fût chargé d'un volume d'eau égal au sien.

D'où il paraît que s'il est de cuivre ou d'une autre matière qui pèse plus que l'eau en pareil volume, il tombe ; car son poids l'emporte sur celui qui le contre-balance.

S'il est de bois ou d'une autre matière plus légère que l'eau en pareil volume, il monte avec toute la force dont le poids de l'eau le surpasse.

Et s'il pèse également, il ne descend ni ne monte, comme la cire qui se tient à peu près dans l'eau au lieu où on la met.

Digitized by Google

De là vient que le seau d'un puits n'est pas difficile à hausser tant qu'il est dans l'eau, et qu'on ne sent son poids que quand il commence à en sortir, de même qu'un seau plein de cire ne serait non plus difficile à hausser étant dans l'eau. Ce n'est pas que l'eau aussi bien que la cire ne pèsent autant dans l'eau que dehors ; mais c'est qu'étant dans l'eau, ils ont un contrepoids qu'ils n'ont plus quand ils en sont tirés : de même qu'un bassin de balance chargé de cent livres n'est pas difficile à hausser si l'autre l'est également.

De là vient que quand du cuivre est dans l'eau, on le sent moins pesant précisément du poids d'un volume d'eau égal au sien : de sorte que s'il pèse neuf livres en l'air, il ne pèse plus que huit livres dans l'eau ; parce que l'eau, en pareil volume qui le contre-balance, pèse une livre ; et dans l'eau de la mer il pèse moins, parce que l'eau de la mer pèse plus, à peu près d'une quarante-cinquième partie.

Par la même raison, deux corps, l'un de cuivre, l'autre de plomb, étant également pesants, et par conséquent de différents volumes, puisqu'il faut plus de cuivre pour faire la même pesanteur, on les trouvera en équilibre, en les mettant chacun dans un bassin de balance : mais si on met cette balance dans l'eau, ils ne sont plus en équilibre ; car chacun étant contre-pesé par un volume d'eau égal au sien, le volume du cuivre étant plus grand que celui du plomb, il y aura plus grand contrepoids ; et partant le poids du plomb est le maître.

Ainsi deux poids de différente matière étant ajustés dans un parfait équilibre, de la dernière justesse où les hommes peuvent arriver, s'ils sont en équilibre quand l'air est fort sec, ils ne le sont plus quand l'air est humide.

C'est par le même principe que, quand un homme est dans l'eau, tant s'en faut que le poids de l'eau le pousse en bas, qu'au contraire elle le pousse en haut : mais il pèse plus qu'elle ; et c'est pourquoi il ne laisse pas de tomber,

Digitized by Google

mais avec bien moins de violence qu'en l'air, parce qu'il est contre-pesé par un volume d'eau pareil au sien, qui pèse presqu'autant que lui; et s'il pesait autant, il nagerait. Aussi en donnant un coup à terre, en faisant le moindre effort contre l'eau, il s'élève et nage : et dans les bains d'eau bourbeuse, un homme ne saurait enfoncer, et si on l'enfonce, il remonte de lui-même.

Par la même cause, quand on se baigne dans une cuve, on n'a point de peine à hausser le bras, tant qu'il est dans l'eau ; mais, quand on le sort de l'eau, on sent qu'il pèse beaucoup, à cause qu'il n'a plus le contre-poids d'un volume d'eau pareil au sien, qu'il avait étant dans l'eau.

Enfin les corps qui nagent sur l'eau, pèsent précisément autant que l'eau dont ils occupent la place ; car l'eau les touchant par dessous, et non par dessus, les pousse seulement en haut.

Et c'est pourquoi une platine de plomb étant mise en figure convexe, elle nage, parce qu'elle occupe une grande place dans l'eau par cette figure ; au lieu que si elle était massive, elle n'occuperait jamais dans l'eau que la place d'un volume d'eau égal au volume d'eau de sa matière, qui ne suffirait pas pour la contre-peser.

(*Traité de l'équilibre des liqueurs.*)

La roulette ou cycloïde.

La roulette est une ligne si commune, qu'après la droite et la circulaire, il n'y en a point de si fréquente ; et elle se décrit si souvent aux yeux de tout le monde qu'il y a lieu de s'étonner qu'elle n'ait point été considérée par les anciens, dans lesquels on n'en trouve rien : car ce n'est autre chose que le chemin que fait en l'air le clou d'une roue, quand elle roule de son mouvement ordinaire, depuis que ce clou commence à s'élever de terre jusqu'à ce que le

Digitized by Google

roulement continu de la roue l'ait rapporté à terre, après un tour achevé : supposant que la roue soit un cercle parfait, le clou un point de sa circonférence, et la terre parfaitement plane.

Le feu P. Mersenne, minime, fut le premier qui la remarqua environ l'an 1615, en considérant le roulement des roues ; ce fut pourquoi il l'appela *la roulette*. Il voulut ensuite en connaître la nature et les propriétés, mais il ne put y pénétrer.

Il avait un talent tout particulier pour former les belles questions ; en quoi il n'avait peut-être pas de semblable : mais encore qu'il n'eût pas un pareil bonheur à les résoudre, et que ce soit proprement en ceci que consiste tout l'honneur, il est vrai néanmoins qu'on lui a obligation, et qu'il a donné l'occasion de plusieurs belles découvertes, qui peut-être n'auraient jamais été faites, s'il n'y eût excité les savants.

Il proposa donc la recherche de la nature de cette ligne, à tous ceux de l'Europe qu'il en crut capables, et entre autres à Galilée ; mais aucun ne put y réussir, et tous en désespérèrent.

Plusieurs années se passèrent de cette sorte jusqu'en 1634, que le père voyant résoudre à M. de Roberval [1], professeur royal de mathématiques, plusieurs grands problèmes, il espéra de tirer de lui la solution de la roulette.

En effet M. de Roberval y réussit ; il démontra que l'espace de la roulette est triple de la roue qui la forme... Il dit au père que sa question était résolue, et lui déclara même cette raison triple, en exigeant néanmoins qu'il la tiendrait secrète durant un an, pendant lequel il proposerait de nouveau cette question à tous les géomètres.

Le père, ravi de ce succès, leur écrivit à tous, en leur

1. Membre de l'ancienne Académie des sciences (1602-1675).

Digitized by Google

ajoutant que M. de Roberval l'avait résolue, sans leur dire comment.

L'année et plus étant passée, sans qu'aucun en eût trouvé la solution, le père leur écrivit pour la troisième fois, et leur déclara alors les raisons de la roulette à la roue, comme 3 est à 1. En 1635, sur ce nouveau secours, il s'en trouva deux qui donnèrent la démonstration : on reçut leurs solutions presque en même temps, l'une de M. de Fermat, conseiller au parlement de Toulouse, l'autre de feu M. Descartes, et toutes deux différentes l'une de l'autre, et encore de celle de M. de Roberval : de telle sorte néanmoins qu'en les voyant toutes, il n'est pas difficile de reconnaître quelle est celle de l'auteur ; car il est vrai qu'elle a un caractère particulier, et qu'elle est prise par une voie si belle et si simple, qu'on connaît bien que c'est la naturelle. Et c'est en effet par cette voie qu'il est arrivé à des dimensions bien plus difficiles sur ce sujet, à quoi les autres méthodes n'ont pu servir.

. . . . . .

La connaissance de la roulette ayant été portée jusque là par M. de Roberval, la chose était demeurée en cet état depuis quatorze ans, lorsqu'une occasion imprévue m'ayant fait penser à la géométrie que j'avais quittée il y avait longtemps, je me formai des méthodes pour la dimension et le centre de gravité des solides, des surfaces planes et courbes, et des lignes courbes, auxquelles il me sembla que peu de choses pouvaient échapper et pour en faire l'essai sur un sujet des plus difficiles, je me proposai ce qui restait à connaître de cette ligne... je me résolus ensuite d'en proposer la recherche et même avec des prix...

Il n'y a rien de plus beau que ce qui a été envoyé par M. Wren[1] ; car outre la belle manière qu'il donne de mesurer le plan de la roulette, il a donné la comparaison

1. Géomètre anglais (1632-1723).

Digitized by Google

de la ligne courbe et de ses parties, avec la ligne droite ; sa proposition est que la ligne de la roulette est quadruple de son axe, dont il a envoyé l'énonciation sans démonstration.

(*Histoire de la Roulette.*)

De l'esprit de géométrie et de finesse.

Il y a donc deux sortes d'esprit : l'un de pénétrer vivement et profondément les conséquences des principes, et c'est là l'esprit de justesse ; l'autre, de comprendre un grand nombre de principes sans les confondre, et c'est là l'esprit de géométrie. L'un est force et droiture d'esprit, l'autre est étendue d'esprit. Or, l'un peut être sans l'autre, l'esprit pouvant être étroit, et pouvant être aussi étendu et faible.

Il y a beaucoup de différence entre l'esprit de géométrie et l'esprit de finesse. En l'un, les principes sont palpables, mais éloignés de l'usage commun ; de sorte qu'on a peine à tourner la tête de ce côté-là, manque d'habitude ; mais, pour peu qu'on s'y tourne, on voit les principes à plein ; et il faudrait avoir tout à fait l'esprit faux pour mal raisonner sur des principes si gros, qu'il est presque impossible qu'ils échappent.

Mais, dans l'esprit de finesse, les principes sont dans l'usage commun et devant les yeux de tout le monde. On n'a que faire de tourner la tête, ni de se faire violence. Il n'est question que d'avoir bonne vue ; mais il faut l'avoir bonne, car les principes en sont si déliés et en si grand nombre, qu'il est presque impossible qu'il n'en échappe. Or, l'omission d'un principe mène à l'erreur : ainsi il faut avoir la vue bien nette pour voir tous les principes, et ensuite l'esprit juste pour ne pas raisonner faussement sur des principes connus.

Tous les géomètres seraient donc fins s'ils avaient la vue

Digitized by Google

bonne ; car ils ne raisonnent pas faux sur les principes qu'ils connaissent ; et les esprits fins seraient géomètres, s'ils pouvaient plier leur vue vers les principes inaccoutumés de la géométrie.

Ce qui fait donc que certains esprits fins ne sont pas géomètres, c'est qu'ils ne peuvent du tout se tourner vers les principes de géométrie : mais ce qui fait que les géomètres ne sont pas fins, c'est qu'ils ne voient que ce qui est devant eux ; et qu'étant accoutumés aux principes nets et grossiers de géométrie, et à ne raisonner qu'après avoir bien vu et manié leurs principes, ils se perdent dans les choses de finesse, où les principes ne se laissent pas ainsi manier. On les voit à peine : on les sent plutôt qu'on ne les voit : on a des peines infinies à les faire sentir à ceux qui ne les sentent pas d'eux-mêmes : ce sont choses tellement délicates et si nombreuses, qu'il faut un sens bien délié et bien net pour les sentir, et sans pouvoir le plus souvent les démontrer par ordre comme en géométrie, parce qu'on n'en possède pas ainsi les principes, et que ce serait une chose infinie de l'entreprendre. Il faut tout d'un coup voir la chose d'un seul regard, et non par progrès de raisonnement, au moins jusqu'à un certain degré. Et ainsi il est rare que les géomètres soient fins, et que les esprits fins soient géomètres ; à cause que les géomètres veulent traiter géométriquement les choses fines, et se rendent ridicules, voulant commencer par les définitions, et ensuite par les principes ; ce qui n'est pas la manière d'agir en cette sorte de raisonnement. Ce n'est pas que l'esprit ne le fasse ; mais il le fait tacitement, naturellement et sans art : car l'expression en passe tous les hommes, et le sentiment n'en appartient qu'à peu.

Et les esprits fins, au contraire, ayant accoutumé de juger d'une seule vue, sont si étonnés quand on leur présente des propositions où ils ne comprennent rien, et où, pour entrer, il faut passer par des définitions et des prin-

Digitized by Google

cipes stériles, et qu'ils n'ont pas accoutumé de voir ainsi en détail, qu'ils s'en rebutent et s'en dégoûtent. Mais les esprits faux ne sont jamais ni fins ni géomètres.

Les géomètres qui ne sont que géomètres, ont donc l'esprit droit, mais pourvu qu'on leur explique bien toutes choses par définitions et par principes : autrement ils sont faux et insupportables ; car ils ne sont droits que sur les principes bien éclaircis. Et les esprits fins qui ne sont que fins, ne peuvent avoir la patience de descendre jusqu'aux premiers principes des choses spéculatives et d'imagination, qu'ils n'ont jamais vues dans le monde et dans l'usage.

(*Pensées*, 1re partie.)

Connaissance de l'homme.

La première chose qui s'offre à l'homme quand il se regarde, c'est son corps, c'est-à-dire une certaine portion de matière qui lui est propre. Mais, pour comprendre ce qu'elle est, il faut qu'il la compare avec tout ce qui est au-dessus de lui et tout ce qui est au-dessous, afin de reconnaître ses justes bornes.

Qu'il ne s'arrête donc pas à regarder simplement les objets qui l'environnent ; qu'il contemple la nature entière dans sa haute et pleine majesté ; qu'il considère cette éclatante lumière, mise comme une lampe éternelle pour éclairer l'univers ; que la terre lui paraisse comme un point au prix du vaste tour que cet astre décrit ; et qu'il s'étonne de ce que ce vaste tour n'est lui-même qu'un point très délicat à l'égard de celui que les astres qui roulent dans le firmament embrassent. Mais si notre vue s'arrête là, que l'imagination passe outre. Elle se lassera plutôt de concevoir, que la nature de fournir. Tout ce que nous voyons du monde n'est qu'un trait imperceptible dans l'ample sein de la nature. Nulle idée n'approche de l'éten-

Digitized by Google

due de ses espaces. Nous avons beau enfler nos conceptions, nous n'enfantons que des atomes au prix de la réalité des choses. C'est une sphère infinie dont le centre est partout, la circonférence nulle part. Enfin c'est un des plus grands caractères sensibles de la toute-puissance de Dieu, que notre imagination se perde dans cette pensée.

Que l'homme, étant revenu à soi, considère ce qu'il est au prix de ce qui est ; qu'il se regarde comme égaré dans ce canton détourné de la nature; et que de ce que lui paraîtra ce petit cachot où il se trouve logé, c'est-à-dire ce monde visible, il apprenne à estimer la terre, les royaumes, les villes, et soi-même, son juste prix.

Qu'est-ce que l'homme dans l'infini? Qui peut le comprendre ? Mais pour lui présenter un autre prodige aussi étonnant, qu'il recherche dans ce qu'il connaît les choses les plus délicates. Qu'un ciron, par exemple, lui offre dans la petitesse de son corps des parties incomparablement plus petites, des jambes avec des jointures, des veines dans ces jambes, du sang dans ces veines, des humeurs dans ce sang, des gouttes dans ces humeurs, des vapeurs dans ces gouttes; que, divisant encore ces dernières choses, il épuise ses forces et ses conceptions, et que le dernier objet où il peut arriver soit maintenant celui de notre discours. Il pensera peut-être que c'est là l'extrême petitesse de la nature. Je veux lui faire voir là-dedans un abîme nouveau. Je veux lui peindre, non seulement l'univers visible, mais encore tout ce qu'il est capable de concevoir de l'immensité de la nature, dans l'enceinte de cet atome imperceptible. Qu'il y voie une infinité de mondes, dont chacun a son firmament, ses planètes, sa terre, en la même proportion que le monde visible ; dans cette terre, des animaux, et enfin des cirons, dans lesquels il retrouvera ce que les premiers ont donné, trouvant encore dans les autres la même chose, sans fin et sans repos. Qu'il se perde dans ces merveilles aussi étonnantes par leur petitesse que les

Digitized by Google

autres par leur étendue. Car qui n'admirera que notre corps, qui tantôt n'était pas perceptible dans l'univers, imperceptible lui-même dans le sein du tout, soit maintenant un colosse, un monde, ou plutôt un tout à l'égard de la dernière petitesse où l'on ne peut arriver ?

Qui se considérera de la sorte s'effrayera, sans doute, de se voir comme suspendu dans la masse que la nature lui a donnée entre ces deux abîmes de l'infini et du néant, dont il est également éloigné. Il tremblera dans la vue de ces merveilles; et je crois que, sa curiosité se changeant en admiration, il sera plus disposé à les contempler en silence qu'à les rechercher avec présomption.

Car enfin, qu'est-ce que l'homme dans la nature? Un néant à l'égard de l'infini, un tout à l'égard du néant, un milieu entre rien et tout. Il est infiniment éloigné des deux extrêmes; et son être n'est pas moins distant du néant d'où il est tiré que de l'infini où il est englouti.

Son intelligence tient dans l'ordre des choses intelligibles le même rang que son corps dans l'étendue de la nature; et tout ce qu'elle peut faire, est d'apercevoir quelque apparence du milieu des choses dans un désespoir éternel d'en connaître ni le principe ni la fin. Toutes choses sont sorties du néant, et portées jusqu'à l'infini. Qui peut suivre ces étonnantes démarches ? L'auteur de ces merveilles les comprend ; nul autre ne peut le faire.

Cet état, qui tient le milieu entre les extrêmes, se trouve en toutes nos puissances. Nos sens n'aperçoivent rien d'extrême. Trop de bruit nous assourdit, trop de lumière nous éblouit, trop de distance et trop de proximité empêchent la vue, trop de longueur et trop de brièveté obscurcissent un discours, trop de plaisir incommode, trop de consonnances déplaisent. Nous ne sentons ni l'extrême chaud ni l'extrême froid. Les qualités excessives nous sont ennemies, et non pas sensibles. Nous ne les sentons plus, nous les souffrons. Trop de jeunesse et trop de vieillesse

Digitized by Google

empêchent l'esprit; trop et trop peu de nourriture troublent ses actions; trop et trop peu d'instruction l'abêtissent. Les choses extrêmes sont pour nous comme si elles n'étaient pas, et nous ne sommes point à leur égard. Elles nous échappent, ou nous à elles.

Voilà notre état véritable. C'est ce qui resserre nos connaissances en de certaines bornes que nous ne passons pas, incapables de savoir tout, et d'ignorer tout absolument. Nous sommes sur un milieu vaste, toujours incertains et flottants entre l'ignorance et la connaissance; et si nous pensons aller plus avant, notre objet branle et échappe à nos prises; il se dérobe et fuit d'une fuite éternelle : rien ne peut l'arrêter. C'est notre condition naturelle, et toutefois la plus contraire à notre inclination. Nous brûlons du désir d'approfondir tout, et d'édifier une tour qui s'élève jusqu'à l'infini. Mais tout notre édifice craque, et la terre s'ouvre jusqu'aux abîmes.

(*Pensées*, 1re partie.)

Principes et règles de la démonstration.

Je veux faire entendre ce que c'est que démonstration par l'exemple de celles de géométrie, qui est presque la seule des sciences humaines qui en produise d'infaillibles, parce qu'elle seule observe la véritable méthode, au lieu que toutes les autres sont par une nécessité naturelle dans quelque sorte de confusion...

Mais il faut auparavant que je donne l'idée d'une méthode plus accomplie, mais où les hommes ne sauraient jamais arriver : car ce qui passe la géométrie nous surpasse; et néanmoins il est nécessaire d'en dire quelque chose, quoiqu'il soit impossible de le pratiquer.

Cette véritable méthode, qui formerait les démonstrations dans la plus haute excellence, s'il était possible d'y arriver,

Digitized by Google

consisterait en deux choses principales : l'une, de n'employer aucun terme dont on n'eût auparavant expliqué nettement le sens ; l'autre, de n'avancer jamais aucune proposition qu'on ne démontrât par des vérités déjà connues ; c'est-à-dire, en un mot, à définir tous les termes et à prouver toutes les propositions...

Certainement cette méthode serait belle, mais elle est absolument impossible ; car il est évident que les premiers termes qu'on voudrait définir en supposeraient de précédents pour servir à leur explication, et que de même, les premières propositions qu'on voudrait prouver en supposeraient d'autres qui les précédassent ; et ainsi il est clair qu'on n'arriverait jamais aux premières. Aussi, en poussant les recherches de plus en plus, on arrive nécessairement à des mots primitifs qu'on ne peut plus définir, et à des principes si clairs qu'on n'en trouve plus qui le soient davantage pour servir à leur preuve. D'où il paraît que les hommes sont dans une impuissance naturelle de traiter quelque science que ce soit dans un ordre absolument accompli.

Mais il ne s'ensuit pas de là qu'on doive abandonner toute sorte d'ordre. Car il y en a un, et c'est celui de la géométrie, qui est à la vérité inférieur en ce qu'il est moins convaincant, mais non pas en ce qu'il est moins certain. Il ne définit pas tout et ne prouve pas tout, et c'est en cela qu'il lui cède ; mais il ne suppose que des choses claires et constantes par la lumière naturelle, et c'est pourquoi il est parfaitement véritable, la nature le soutenant à défaut du discours. Cet ordre, le plus parfait entre les hommes, consiste non pas à tout définir ou à tout démontrer, ni aussi à ne rien définir ou à ne rien démontrer, mais à se tenir dans ce milieu de ne point définir les choses claires et entendues de tous les hommes, et de définir toutes les autres ; et de ne point prouver toutes les choses connues des hommes et de prouver toutes les autres. Contre cet

Digitized by Google

ordre pèchent également ceux qui entreprennent de tout définir et de tout prouver, et ceux qui négligent de le faire dans les choses qui ne sont pas évidentes d'elles-mêmes...

On trouvera peut-être étrange que la géométrie ne puisse définir aucune des choses qu'elle a pour principaux objets, car elle ne peut définir ni le mouvement, ni les nombres, ni l'espace ; et cependant ces trois choses sont celles qu'elle considère particulièrement et selon la recherche desquelles elle prend ces trois différents noms de mécanique, d'arithmétique, de géométrie, ce dernier nom appartenant au genre et à l'espèce. Mais on n'en sera pas surpris si l'on remarque que cette admirable science ne s'attachant qu'aux choses les plus simples, cette même qualité qui les rend dignes d'être ses objets les rend incapables d'être définies ; de sorte que le manque de définition est plutôt une perfection qu'un défaut, parce qu'il ne vient pas de leur obscurité, mais au contraire de leur extrême évidence, qui est telle qu'encore qu'elle n'ait pas la conviction des démonstrations, elle en a toute la certitude. Elle suppose donc que l'on sait quelle est la chose qu'on entend par ces mots : mouvement, nombre, espace ; et sans s'arrêter à les définir inutilement elle en pénètre la nature et en découvre les merveilleuses propriétés.

Ces trois choses qui comprennent tout l'univers, selon ces paroles : *Deus fecit omnia in pondere, in numero, et mensura*, ont une liaison réciproque et nécessaire. Car on ne peut imaginer de mouvement sans quelque chose qui se meuve ; et cette chose étant une, cette unité est l'origine de tous les nombres ; et enfin, le mouvement ne pouvant être sans espace, on voit ces trois choses enfermées dans la première. Le temps même y est aussi compris ; car le mouvement et le temps sont relatifs l'un à l'autre ; la promptitude et la lenteur, qui sont les différences des mouvements, ayant un rapport nécessaire avec le temps. Ainsi il y a des propriétés communes à toutes ces choses, dont la connais-

Digitized by Google

sance ouvre l'esprit aux plus grandes merveilles de la nature...

L'art de persuader, qui n'est proprement que la conduite des preuves méthodiques parfaites, consiste en trois parties essentielles : à définir les termes dont on doit se servir par des définitions claires ; à proposer des principes ou axiomes évidents pour prouver la chose dont il s'agit ; et à substituer toujours mentalement dans la démonstration les définitions à la place des définis.

La raison de cette méthode est évidente, puisqu'il serait inutile de proposer ce qu'on veut prouver et d'en entreprendre la démonstration, si on n'avait auparavant défini clairement tous les termes qui ne sont pas intelligibles; et qu'il faut de même que la démonstration soit précédée de la demande des principes évidents qui y sont nécessaires, car si l'on n'assure le fondement on ne peut assurer l'édifice ; et qu'il faut enfin, en démontrant, substituer mentalement les définitions à la place des définis puisque autrement on pourrait abuser des divers sens qui se rencontrent dans les termes.

Il est facile de voir qu'en observant cette méthode on est sûr de convaincre, puisque les termes étant tous entendus et parfaitement exempts d'équivoques par les définitions, et les principes étant accordés, si dans la démonstration on substitue toujours mentalement les définitions à la place des définis, la force invincible des conséquences ne peut manquer d'avoir tout son effet. Aussi jamais une démonstration dans laquelle ces circonstances sont gardées n'a pu recevoir le moindre doute : et jamais celles où elles manquent ne peuvent avoir de force. Il importe donc bien de les comprendre et de les posséder ; et c'est pourquoi, pour rendre la chose plus facile et plus présente, je les donnerai toutes en ce peu de règles qui enferment tout ce qui est nécessaire pour la perfection des définitions, des axiomes et des démonstrations, et par conséquent de la méthode

Digitized by Google

entière des preuves géométriques de l'art de persuader...

Règles nécessaires pour les définitions : N'admettre aucun des termes un peu obscurs ou équivoques sans définition. N'employer dans les définitions que des termes parfaitement connus ou déjà expliqués.

Règle nécessaire pour les axiomes : Ne demander en axiomes que des choses parfaitement évidentes.

Règles pour les démonstrations : Prouver toutes les propositions en n'employant à leur preuve que des axiomes très évidents d'eux-mêmes ou des propositions déjà démontrées ou accordées. N'abuser jamais de l'équivoque des termes, en manquant de substituer mentalement les définitions qui les restreignent et les expliquent.

(*De l'esprit géométrique.*)

Digitized by Google

LES MATHÉMATICIENS

ET LES ASTRONOMES

Digitized by Google

Digitized by Google

JEAN-DOMINIQUE CASSINI

L'Observatoire de Paris.

L'observatoire que le roi faisait construire était élevé au premier étage, lorsque j'arrivai. Les quatre murailles principales avaient été dressées exactement aux quatre principales régions du monde. Mais les trois tours avancées que l'on ajoutait à l'angle oriental et occidental du côté du midi et au milieu de la face septentrionale, me parurent empêcher l'usage important qu'on aurait pu faire de ces murailles, en y appliquant quatre grands quarts de cercle, capables, par leur grandeur, de marquer distinctement, non seulement les minutes, mais même les secondes ; car j'aurais voulu que le bâtiment même de l'observatoire eût été un grand instrument : ce que l'on ne peut pas faire à cause de ces tours, qui, d'ailleurs, étant octogones, n'ont que de petits flancs, coupés de portes et de fenêtres. C'est pourquoi je proposai d'abord qu'on n'élevât ces tours que jusqu'au second étage, et qu'au-dessus on bâtît une grande salle carrée, avec un corridor découvert tout à l'entour, pour l'usage dont je viens de parler. Je trouvais aussi que c'était une grande incommodité de n'avoir pas, dans l'observatoire, une seule grande salle d'où l'on pût voir le ciel de tous les côtés, de sorte qu'on ne pouvait pas suivre d'un même lieu le cours entier du soleil et des autres astres, d'orient en occident, ni l'observer avec le même instrument sans le transporter d'une tour à l'autre. Une grande salle me paraissait encore nécessaire pour avoir la commodité d'y faire entrer le soleil par un trou et de pouvoir faire sur le plancher la description du chemin journalier de l'image du soleil. Ce qui devait servir, non seulement d'un cadran vaste et exact, mais aussi pour observer les

Digitized by Google

variations que les réfractions peuvent causer aux différentes heures du jour, et celles qui ont lieu dans le mouvement annuel. Mais ceux qui avaient travaillé au dessin de l'observatoire opinaient de l'exécuter conformément au premier plan qui en avait été proposé, et ce fut en vain que je fis mes représentations à cet égard et bien d'autres encore. M. de Colbert vint même inutilement à l'observatoire pour appuyer mon projet.

. . . . . .

Il paraît que l'architecte, qui avait présidé à l'ordonnance et à la distribution de l'observatoire, n'avait qu'une faible notion de la pratique des observations, et qu'il avait fort peu consulté les astronomes sur les commodités qu'il devait leur procurer. Il crut sans doute avoir tout fait pour l'astronomie en lui bâtissant un vaste édifice fort élevé, d'une belle masse et d'un style sage, sévère, convenable au genre de la science ; mais ce n'était rien de tout cela qu'il fallait. La hauteur et l'étendue de l'édifice n'étaient qu'un inconvénient d'autant plus considérable que, dans quelque endroit que l'on pût se placer, la masse du bâtiment dérobait à la vue la plus grande partie du ciel. A moins de monter et de rester en plein air sur la plate-forme, on ne pouvait suivre le cours d'un astre élevé depuis son lever jusqu'à son coucher, et pour observer au levant ou au couchant, il fallait transporter un instrument d'un bout à l'autre du bâtiment ; de plus, les voûtes massives, qui couvraient toutes les salles, ne permettaient de découvrir le méridien, depuis le zénith jusqu'à l'horizon, dans aucun endroit de l'observatoire ; enfin, ce qui paraîtra fort singulier, on n'avait pas ménagé une seule place d'où l'on pût prendre les hauteurs correspondantes sans déranger considérablement l'instrument.

(*Vie de J.-D. Cassini.* Ecrite par lui-même.)

Digitized by Google

JEAN DOMINIQUE CASSINY,
De l'Academie des Sciences.

Digitized by Google

Digitized by Google

Chez la Reine.

Ce fut pendant mon séjour à Rome, en 1664, que commença à paraître une comète proche du bec du corbeau. Je fus averti de son apparition par D. Maria Chigi, frère du Pape. Je l'observai donc régulièrement dans la loge de la maison Chigi, où j'étais aidé particulièrement par l'abbé Passionei qui, pour marquer la configuration de cette comète avec les étoiles voisines, écrasait des grains de plomb, les remuant sur le papier autour de la figure de la comète, jusqu'à ce que cette disposition se conformât avec celle des astres qui l'environnaient. Mais bientôt, la Reine de Suède [1], curieuse de ces sortes d'observations, voulut que je les vinsse faire chez elle. Cette princesse, voyant que la comète allait d'un jour à l'autre fort rapidement par son mouvement propre vers le nord-ouest, me dit qu'elle allait faire en peu de temps le tour du ciel. Je lui répondis que suivant mes hypothèses ce mouvement actuel si prompt devait se ralentir jusqu'à devenir stationnaire et même rétrograder ensuite. Étonnée d'une prédiction aussi singulière, elle m'en demanda le fondement, et je le lui expliquai alors de la manière dont je l'ai exposé dans l'ouvrage publié à ce sujet, et qu'elle me permit de lui dédier. Le Pape Alexandre VII, ayant appris de son neveu que je travaillais à cet ouvrage, me demanda à qui je comptais en faire la dédicace; je répondis que l'hommage en était déjà fait à la Reine de Suède, ce que Sa Sainteté approuva fort.

Je logeais à la place Colonne chez le marquis Campeggi, ambassadeur de Bologne. La princesse m'envoyait chercher ordinairement après le dîner avec son carosse et un page, pour me conduire à la Lungara, où elle demeurait dans le

1. On trouvera quelques détails sur cette reine, amie des sciences, dans notre livre : *Les Femmes dans la Science*.

Digitized by Google

palais du marquis Riari. Je passais là plusieurs heures avec elle dans divers entretiens sur les sciences, en attendant le soir, où la comète commençait à paraître et où nous l'observions. Comme en présence de S. M. j'avais la tête découverte, elle avait la bonté de me l'envelopper elle-même d'un mouchoir, de peur que l'air de la nuit ne m'incommodât. Presque tous les jours, quelques heures avant l'observation, le cardinal Assolini venait visiter la Reine, et cette princesse se plaisait infiniment de nous entendre disputer sur différents points de science. Elle prenait souvent mon parti contre le cardinal. De mon côté, je faisais en sorte de mettre la conversation sur des matières agréables à Son Eminence...

S. M. ayant fait travailler en vain à un miroir concave de verre, j'en fis venir un très grand que j'avais chez moi à Bologne, et je le laissai entre les mains de la Reine. Je ne sais ce qu'il est devenu depuis. Comme cette princesse a fait le cardinal Assolini son héritier, ce miroir doit avoir passé entre ses mains. Je l'ai toujours regretté, ne croyant pas qu'il y en ait un, ni plus grand, ni meilleur, de cette matière. J'ai depuis fait travailler en vain pour en avoir de semblables, ils se sont tous cassés. Le plus grand que j'aie pu me procurer depuis, est celui que j'ai présentement à l'Observatoire royal (de Paris).

(*Vie de J.-D. Cassini.*)

Digitized by Google

HUYGHENS

Le système des ondulations.

L'on ne saurait douter que la lumière ne consiste dans le mouvement de certaine matière. Car, soit qu'on regarde sa production, on trouve qu'ici sur la terre c'est principalement le feu et la flamme qui l'engendrent lesquels contiennent sans doute des corps qui sont dans un mouvement rapide, puisqu'ils dissolvent et fondent plusieurs autres corps des plus solides; soit qu'on regarde ses effets, on voit que quand la lumière est ramassée, comme par des miroirs concaves, elle a la vertu de brûler comme le feu, c'est-à-dire qu'elle désunit les parties des corps, ce qui marque assurément du mouvement, au moins dans la vraie philosophie dans laquelle on conçoit la cause de tous les effets naturels par des mouvements de mécanique. Ce qu'il faut faire à mon avis, ou bien renoncer à l'espérance de jamais rien comprendre dans la physique.

De plus, quand on considère l'extrême vitesse dont la lumière s'étend de toutes parts, et que quand il en vient de différents endroits, même de tout opposés, elles se traversent l'une l'autre sans s'empêcher; on comprend bien que quand nous voyons un objet lumineux, ce ne saurait être par le transport d'une matière qui depuis cet objet s'en vient jusqu'à nous, ainsi qu'une balle ou une flèche traverse l'air : car assurément cela répugne trop à ces deux qualités de la lumière, et surtout à la dernière. C'est donc d'une autre manière qu'elle s'étend et ce qui nous peut conduire à la comprendre, c'est la connaissance que nous avons de l'extension du son dans l'air.

Nous savons que par le moyen de l'air qui est un corps invisible et impalpable, le son s'étend tout à l'entour du

Digitized by Google

lieu où il a été produit, par un mouvement qui passe successivement d'une partie de l'air à l'autre, et que l'extension de ce mouvement se faisant également vite de tous côtés, il se doit former comme des surfaces sphériques qui s'élargissent toujours et qui viennent frapper notre oreille. Or, il n'y a point de doute que la lumière ne parvienne aussi depuis le corps lumineux jusqu'à nous par quelque mouvement imprimé à la matière qui est entre deux, puisque nous avons déjà vu que ce ne peut pas être par le transport d'un corps qui passerait de l'un à l'autre. Que si avec cela la lumière emploie du temps à son passage, il s'ensuivra que ce mouvement imprimé à la matière est successif et que par conséquent il s'étend ainsi que celui du son par des surfaces et des ondes sphériques ; car je les appelle ondes à la ressemblance de celles que l'on voit se former dans l'eau quand on y jette une pierre, qui représentent une telle extension successive en rond et seulement sur une surface plane.

(*Traité de la lumière;* chap. I.)

L'horloge à poids.

Il y a seize ans que nous avons rendu publique la construction des horloges récemment inventées par nous. Depuis ce temps nous y avons apporté beaucoup de perfectionnements que ce livre est destiné à faire connaître ; le principal consiste dans un moyen de suspension du pendule simple qui assure l'égalité des durées de ses oscillations, égalité qui ne se trouvait pas naturellement dans le pendule circulaire ; c'est une propriété de la cycloïde qui nous en a donné les moyens. Cette propriété nous était apparue peu après la première édition de notre horloge et nous l'avions communiquée à quelques amis. Nous en donnons aujourd'hui la démonstration, qui formera la partie principale de

Digitized by Google

ce livre. Mais il sera nécessaire de reprendre, pour l'asseoir sur des preuves plus certaines, la théorie de la chute des graves de l'illustre Galilée, théorie dont la propriété que nous avons trouvée dans la cycloïde forme en quelque sorte le point culminant.

Mais pour appliquer cette propriété à la construction du pendule, il nous a fallu aborder de nouvelles recherches, concernant les courbes qui se produisent par évolution, théorie d'où naît le moyen d'obtenir les longueurs des courbes considérées comme évoluées [1].

D'un autre côté, pour expliquer la nature du pendule composé, il a fallu considérer les centres d'oscillation, dont la détermination avait été vainement essayée par plusieurs géomètres, mais moins heureusement; on trouvera là des théorèmes relatifs aux lignes, aux surfaces et aux volumes qui, si je ne me trompe, paraîtront dignes d'attention.

Après le succès de notre invention, il arriva, suivant l'usage, et comme je l'avais prévu, que plusieurs voulurent en avoir l'honneur, ou, sinon eux, du moins leur nation, et je pense qu'il convient de faire obstacle à leurs injustes efforts. Mais, comme je pense qu'il ne viendra à l'esprit de personne de porter la discussion sur ce qui concerne l'emploi de la cycloïde, il suffira simplement de lui opposer ceci que, puisque avant la description que j'ai publiée il y a seize ans de l'horloge, personne n'en avait fait mention ni par parole, ni par écrit, c'est donc par mes propres méditations que je l'ai découverte et perfectionnée. Les faits étant connus de tout le monde, il est facile de voir ce qu'il faut penser de ceux qui, ne pouvant produire le témoignage d'aucun savant, ni aucun acte des universités bataves, ont écrit sept ans après qu'elle avait été publiée, qu'eux ou leurs amis avaient été les promoteurs de la construction de l'horloge. Quant à ceux qui, voulant l'at-

1. Il s'agit ici des *développantes* et des *développées*.

Digitized by Google

tribuer à Galilée, disent qu'il l'aurait tentée, mais n'y aurait pas réussi, il me semble qu'ils lui font plus de tort qu'à moi-même ; il est vrai que d'autres prétendent que des horloges auraient été construites par Galilée ou par son fils, mais je me demande comment ils pouvaient espérer faire croire qu'une invention si utile ait pu rester ignorée durant huit années avant que je les publiasse ; et s'ils prétendent qu'on l'ait exprès tenue cachée, comment ne comprennent-ils pas que celui qui l'a trouvée ait pu s'en attribuer la découverte ? Je devais dire cela pour ma défense.

(*Horologium oscillatorium*... ; préface. Passage traduit et abrégé par M. MARIE.)

Digitized by Google

NEWTON

L'unité du monde.

Les projectiles n'éprouvent ici-bas d'autres résistances que celle de l'air, et dans le vide... la résistance cesse, en sorte qu'une plume et de l'or y tombent avec une égale vitesse. Il en est de même des espaces célestes au-dessus de l'atmosphère de la terre, lesquels sont vides d'air : tous les corps doivent se mouvoir très librement dans ces espaces ; et par conséquent, les planètes et les comètes doivent y faire continuellement leurs révolutions dans des orbes donnés d'espèce et de position, en suivant les lois ci-dessus exposées. Et elles doivent continuer par les lois de la gravité à se mouvoir dans leurs orbes, mais la position primitive et régulière de ces orbes ne peut être attribuée à ces lois.

Les six planètes principales font leurs révolutions autour du soleil dans des cercles qui lui sont concentriques, elles sont toutes à peu près dans le même plan, et leurs mouvements ont la même direction.

Les dix lunes qui tournent autour de la Terre, de Jupiter et de Saturne, dans des cercles concentriques à ces planètes, se meuvent dans le même sens et dans les plans des orbes de ces planètes à peu près. Tous ces mouvements si réguliers n'ont point de causes mécaniques ; puisque les comètes se meuvent dans des orbes fort excentriques, et dans toutes les parties du ciel.

Par cette espèce de mouvement, les comètes traversent très vite et très facilement les orbes des planètes, et dans leur aphélie où leur mouvement est très lent, et où elles demeurent très longtemps, elles sont si éloignées les unes

Digitized by Google

des autres que leur attraction mutuelle est presque insensible.

Cet admirable arrangement du soleil, des planètes et des comètes ne peut être que l'ouvrage d'un être tout-puissant et intelligent. Et si chaque étoile fixe est le centre d'un système semblable au nôtre, il est certain que tout portant l'empreinte d'un même dessein, tout doit être soumis à un seul et même être ; car la lumière, que le soleil et les étoiles fixes se renvoient mutuellement, est de même nature. De plus, on voit que Celui qui a arrangé cet univers a mis les étoiles fixes à une distance immense les unes des autres; de peur que ces globes ne tombassent les uns sur les autres par la force de leur gravité.

. . . . . .

J'ai expliqué jusqu'ici les phénomènes célestes et ceux de la mer par la force de la gravitation, mais je n'ai assigné nulle part la cause de cette gravitation. Cette force vient de quelque cause qui pénètre jusqu'au centre du soleil et des planètes, sans rien perdre de son activité. Elle n'agit point selon la grandeur des superficies (comme les causes mécaniques), mais selon la quantité de la matière ; et son action s'étend de toutes parts à des distances immenses, en décroissant toujours dans la raison doublée des distances.

La gravité vers le soleil est composée des gravités vers chacune de ses particules, et elle décroît exactement, en s'éloignant du soleil, en raison doublée des distances, et cela jusqu'à l'orbe de Saturne, comme le repos des aphélies des planètes le prouve, et elle s'étend jusqu'aux dernières aphélies des comètes si ces aphélies sont en repos.

Je n'ai pu encore parvenir à déduire des phénomènes les raisons de ces propriétés de la gravité, et je n'imagine point d'hypothèses. Car tout ce qui ne se déduit pas des phénomènes est une hypothèse ; et les hypothèses, soit métaphysiques, soit physiques, soit mécaniques, soit celles des

Digitized by Google

qualités occultes, ne doivent pas être reçues dans la philosophie expérimentale.

Dans cette philosophie, on tire les propositions des phénomènes, et on les rend ensuite plus générales par induction. C'est ainsi que l'impénétrabilité, la mobilité, la force des corps, les lois du mouvement et celles de la gravité ont été connues. Et il suffit que la gravité existe, qu'elle agisse selon les lois que nous avons exposées, et qu'elle puisse expliquer tous les phénomènes célestes et ceux de la mer.

(*Philosophiæ naturalis Principia mathematica.* Traduction de la Marquise DU CHATELET.)

Les fluxions.

Je ne considère pas les grandeurs mathématiques comme formées de parties si petites qu'elles soient, mais comme décrites d'un mouvement continu. Les lignes sont décrites et engendrées, non pas par juxtaposition de leurs parties, mais par le mouvement continu de points; les surfaces, par le mouvement de lignes; les solides par le mouvement de surfaces; les angles par la rotation de leurs côtés; les temps par un flux continu, et ainsi des autres.

Considérant que les grandeurs qui croissent dans des temps égaux sont plus grandes ou moindres suivant qu'elles croissent avec une vitesse plus grande ou plus petite, je cherchai une méthode pour déterminer les grandeurs d'après les vitesses des mouvements ou accroissements qui les engendrent; et nommant *fluxions* les vitesses de ces mouvements ou accroissements, tandis que les grandeurs engendrées prendraient le nom de *fluentes*, je suis tombé, vers les années 1665 et 1666, sur la méthode des fluxions, dont je ferai usage dans la quadrature des courbes.

Les fluxions sont, d'aussi près que possible, proportionnelles aux accroissements des fluentes, engendrés dans des

Digitized by Google

intervalles de temps égaux et aussi petits que possible; elles sont dans la raison première des accroissements naissants et peuvent être représentées par des lignes qui leur soient proportionnelles.

(*Traité de la quadrature des courbes.*)

Les couleurs.

PROPOSITION. — *Toute lumière homogène a sa couleur propre qui répond à ses degrés de réfrangibilité, et cette couleur ne peut être changée ni par réflexion ni par réfraction.*

Dans les expériences décrites plus haut, après que j'eus séparé les rayons hétérogènes les uns des autres, le spectre formé par des rayons séparés, en avançant depuis son extrémité sur laquelle tombèrent les rayons les plus réfrangibles, jusqu'à son autre extrémité sur laquelle tombèrent les rayons les moins réfrangibles, parut illuminée des couleurs suivantes, dans l'ordre que je vais les nommer : le violet, l'indigo, le bleu, le vert, le jaune, l'orangé, le rouge, avec tous les degrés intermédiaires dans une continuelle succession qui variait perpétuellement; de sorte qu'on voyait autant de degrés de couleurs qu'il y avait d'espèces de rayons de différente réfrangibilité.

Or, que ces couleurs ne pussent point être changées par réfraction, c'est de quoi je m'assurai en rompant avec un prisme, tantôt une très petite partie de cette lumière et tantôt une autre. Car par cette réfraction la couleur de la lumière ne fut jamais changée le moins du monde. Si quelque partie de la lumière rouge était rompue, elle demeurait entièrement du même rouge qu'auparavant. Cette réfraction ne produisait ni orangé, ni jaune, ni vert, ni bleu, ni aucune nouvelle couleur. Et bien loin que la couleur fût changée en aucune manière par des réfractions répétées, c'était toujours entièrement le même rouge que la première

Digitized by Google

fois. Je trouvai la même immutabilité dans le bleu, le jaune et les autres couleurs. De même, lorsque je regardai au travers d'un prisme quelque corps illuminé de quelque partie que ce fût de cette lumière homogène, il ne me fut pas possible d'apercevoir aucune nouvelle couleur produite par ce moyen-là. Tous corps illuminés d'une lumière hétérogène, regardés au travers d'un prisme, paraissent confus et teints de diverses couleurs nouvelles. Mais ceux qui sont illuminés d'une lumière homogène, ne paraissent au travers des prismes, ni moins distincts, ni autrement colorés que lorsqu'on les regardait simplement avec l'œil. La couleur n'en était nullement changée par la réfraction du prisme interposé. Je parle ici d'un changement sensible de couleur. Car la lumière que je nomme ici homogène, n'étant pas homogène absolument et à toute rigueur, son hétérogénéité doit produire un petit changement de couleur. Mais lorsque cette hétérogénéité diminuait jusqu'au point où l'on peut la réduire par les expériences mentionnées ci-dessus, ce changement de couleur était insensible; et par conséquent, dans des expériences où les sens sont juges, il doit être compté pour rien.

Et comme ces couleurs ne pouvaient être changées par des réfractions, elles ne l'étaient pas non plus par des réflexions. Car tout corps blanc, gris, rouge, jaune, vert, bleu, violet, comme le papier, les cendres, le vermillon, l'orpiment, l'indigo, l'azur, l'or, l'argent, le cuivre, l'herbe, les fleurs bleues, les violettes, les bulles d'eau teintes de différentes couleurs, les plumes de paon, la teinture du bois néphrétique, et autres telles choses, tout cela exposé à une lumière homogène rouge, paraissait entièrement rouge, à une lumière bleue entièrement bleu, à une lumière verte entièrement vert, et ainsi des autres couleurs. Dans la lumière homogène de quelque couleur que ce fût, tous ces corps paraissaient totalement de cette même couleur, avec cette seule différence que quelques-uns réfléchissaient cette

Digitized by Google

lumière d'une manière plus forte, et d'autres d'une manière plus faible. Mais je n'ai point encore trouvé de corps qui, en réfléchissant une lumière homogène, pût en changer sensiblement la lumière.

De tout cela, il s'ensuit évidemment que, si la lumière du soleil ne consistait qu'en une seule sorte de rayons, il n'y aurait qu'une seule couleur dans le monde; qu'il ne serait pas possible de produire aucune nouvelle couleur par voie de réflexion ou de réfraction; et que, par conséquent, la diversité des couleurs dépend de ce que la lumière est un composé de rayons de différente espèce.

(*Optique;* livre I. Traduction Coste.)

Digitized by Google

LEIBNIZ

Le calcul différentiel.

Connaissant l'*algorithme*[1] de ce calcul que j'appelle *différentiel*, toutes les équations différentielles peuvent être trouvées par les mêmes opérations, par suite les maximums et les minimums, ainsi que les tangentes, sans qu'il soit utile de faire disparaître les fractions, les radicaux ou les autres liens, ce qui était indispensable d'après les méthodes publiées jusqu'ici.

La démonstration de toutes ces choses sera facile à une personne versée dans les Mathématiques, si elle considère seulement ceci : que les accroissements dx, dy, dv, dw, dz peuvent être regardés comme proportionnels.

Ainsi une équation quelconque étant donnée, on pourra en écrire l'équation différentielle, en substituant simplement à chaque membre, et, pour cela, à chaque terme, sa différentielle obtenue d'après l'algorithme précédent.

. . . . . .

Les anciennes méthodes prescrivaient d'enlever d'abord les fractions et les irrationnelles, tandis qu'il est clair que notre méthode convient même aux lignes transcendantes, c'est-à-dire qui ne sauraient être ramenées au calcul algébrique ou qui ne sont d'aucun degré ; et cela par un moyen universel, sans hypothèses particulières qui ne se présentent pas toujours, simplement par ce que la recherche des tangentes se réduit à celle de droites qui joignent deux points infiniment voisins de la courbe, ou se confondent avec l'un des côtés d'un polygone d'un nombre infini de côtés, qui pour nous, équivaut à la courbe.

---

1. La notation.

Digitized by Google

Au reste, la distance infiniment petite de ces points peut toujours être exprimée par une différentielle connue, ou au moyen d'une relation qui la contienne, par l'intermédiaire d'une tangente connue.

En particulier, si y était une quantité transcendante, par exemple l'ordonnée d'une cycloïde, que y entrât dans un calcul qui dût fournir l'ordonnée z d'une autre courbe, et qu'on voulût avoir dz, pour avoir la tangente à la seconde courbe, dz dépendrait de dy, et dy serait connu, puisqu'on connaît la tangente à la cycloïde.

Et cette même tangente à la cycloïde, si on ne la connaissait pas, serait de même déterminée par le calcul, au moyen des propriétés de la tangente au cercle.

(*Nova methodus pro maximis et minimis...*)

Emploi des séries. — Première idée du calcul intégral.

Je pourrais ajouter beaucoup d'autres choses qui ne le céderaient à celle-ci ni pour l'élégance ni pour l'exactitude; mais je suis ainsi fait que, content d'avoir découvert les méthodes générales, je laisse volontiers le reste aux autres. Car toutes ces choses ne sont estimables que parce qu'elles développent l'art de l'invention et perfectionnent l'esprit. Si ce qui précède paraît obscur, je l'éclaircirai volontiers et j'expliquerai aussi comment on peut développer en séries les racines de toutes les équations, sans aucune extraction, ce qui paraîtra sans doute admirable.

. . . . . .

Je ne vois pas bien ce que vous paraissez dire que la plupart des difficultés (excepté les problèmes Diophantins) peuvent être réduites par les séries. Il y a beaucoup de questions jugées jusqu'ici très difficiles qui ne dépendent ni des équations ordinaires ni des quadratures ; telles sont, entre beaucoup d'autres, celles qui dépendent de la *méthode*

Digitized by Google

LEIBNIZ

Digitized by Google

Digitized by Google

inverse des tangentes, que Descartes avoue ne pas posséder.

On trouve dans sa correspondance une lettre à de Beaune[1] où il s'efforce de trouver quelques courbes proposées par celui-ci, celle entre autres dont la sous-tangente est constante. Ni Descartes, ni de Beaune, ni personne que je sache n'a trouvé cette courbe. Cependant j'ai résolu le problème, par une analyse certaine, aussitôt que je le vis. Toutefois j'avoue qu'il me reste en ce genre quelque chose de désirable à chercher. Mais en voilà assez sur ce point. J'ai résolu de m'y attacher aussitôt que j'en aurai le loisir.

(*Lettres à Oldenbourg.*)

La continuité dans la nature.

En commençant depuis nous et allant jusqu'aux choses les plus basses, c'est une descente qui se fait par fort petits degrés et par une suite continue de choses qui diffèrent fort peu l'une de l'autre. Il y a des poissons qui ont des ailes et à qui l'air n'est pas étranger, et il y a des oiseaux qui habitent dans l'eau et ont le sang froid comme les poissons. Il y a des animaux qui approchent si fort de l'espèce des oiseaux et de celle des bêtes, qu'ils tiennent le milieu entre eux. Les amphibies tiennent également des bêtes terrestres et aquatiques. Il y a des bêtes qui semblent avoir autant de connaissance et de raison que quelques hommes ; et il y a une si grande proximité entre les animaux et les végétaux, que, si vous prenez le plus imparfait des uns et le plus parfait des autres, à peine remarquerez-vous aucune différence considérable entre eux. Ainsi les espèces sont liées ensemble, et ne diffèrent que par des degrés presque insensibles.

Je pense avoir de bonnes raisons pour croire que toutes les différentes classes des êtres dont l'assemblage forme

1. Ami et commentateur de Descartes (1601-1652).

Digitized by Google

l'univers ne sont, dans les idées de Dieu, qui connaît distinctement leurs gradations essentielles, que comme autant d'ordonnées d'une même courbe dont l'union ne souffre pas qu'on en place d'autres, entre deux, à cause que cela marquerait du désordre et de l'imperfection.

Les hommes tiennent donc aux animaux, ceux-ci aux plantes, et celles-ci derechef aux fossiles, qui se lieront à leur tour aux corps que les sens et l'imagination nous représentent comme parfaitement morts et informes.

Or, puisque la loi de continuité exige que, quand les déterminations essentielles d'un être se rapprochent de celles d'un autre, aussi, en conséquence, les propriétés du premier doivent s'approcher graduellement de celles du dernier, il est nécessaire que tous les ordres des êtres naturels ne forment qu'une seule chaîne dans laquelle les différentes classes, comme autant d'anneaux, tiennent si étroitement les unes aux autres, qu'il est impossible aux sens et à l'imagination de fixer précisément le point où quelqu'un commence ou finit : toutes les espèces qui bordent, ou qui occupent, pour ainsi dire, les régions d'inflexion ou de rebroussement devant être équivoques et douées de caractères qui peuvent se rapporter aux espèces voisines également.

Ainsi, l'existence des zoophytes, par exemple, ou, comme Bodens les nomme, des plantes animaux, n'a rien de monstrueux, mais il est même convenable à l'ordre de la nature qu'il y en ait. Et telle est la force du principe de continuité chez moi, que non seulement je ne serais pas étonné d'apprendre qu'on eût trouvé des êtres qui, par rapport à plusieurs propriétés, comme celles de se nourrir ou de se multiplier, puissent passer pour des végétaux à aussi bon droit que pour des animaux, et qui renversent les règles communes bâties sur la supposition d'une séparation parfaite et absolue des différents ordres des êtres simultanés qui remplissent l'univers ; j'en serais si peu étonné, dis-je,

Digitized by Google

que même je suis convaincu qu'il doit y en avoir de tels et que l'histoire naturelle parviendra peut-être à les connaître un jour, quand elle aura étudié davantage cette infinité d'êtres vivants que leur petitesse dérobe aux observations communes, et qui se trouvent cachés dans les entrailles de la terre et dans les abîmes des eaux.

Nous n'observons que depuis hier, comment serions-nous fondés à nier ce que nous n'avons pas encore eu l'occasion de voir ?

Le principe de continuité, qui est hors de doute chez moi, pourrait servir à établir plusieurs vérités importantes dans la véritable philosophie, laquelle, s'élevant au-dessus des sens et de l'imagination, cherche l'origine des phénomènes dans les régions intellectuelles. Je me flatte d'en avoir quelques idées, mais ce siècle n'est pas fait pour les recevoir.

(*Monadologie*. Traduction PAPILLON.)

Les intelligences de l'homme et des animaux.

Les connaissances des hommes et des bêtes sont différentes. Les bêtes sont purement empiriques et ne font que se régler sur les exemples; car, autant qu'on peut en juger, elles n'arrivent jamais à former des propositions nécessaires, au lieu que les hommes sont capables de sciences démonstratives, en quoi la faculté que les bêtes ont, de faire des consécutions, est quelque chose d'inférieur à la raison, qui est dans les hommes. Les consécutions des bêtes sont purement comme celles des simples empiriques, qui prétendent que ce qui est arrivé quelquefois arrivera encore dans un cas où ce qui les frappe est pareil, sans être pour cela capables de juger si les mêmes raisons subsistent. C'est par là qu'il est si aisé aux hommes d'attraper les bêtes et qu'il est si facile aux simples empiriques de faire des

Digitized by Google

fautes. Les personnes devenues habiles par l'âge et par l'expérience n'en sont pas même exemptes, lorsqu'elles se fient trop à leur expérience passée, comme cela est arrivé à quelques-uns dans les affaires civiles et militaires, parce qu'on ne considère point assez que le monde change et que les hommes deviennent plus habiles, en trouvant mille adresses nouvelles, au lieu que les cerfs et les lièvres de ce temps ne sont pas plus rusés que ceux du temps passé. Les consécutions des bêtes ne sont qu'une ombre de raisonnement, c'est-à-dire ne sont qu'une connexion d'imagination et un passage d'une image à une autre, parce que dans une rencontre nouvelle, qui paraît semblable à la précédente, elles s'attendent de nouveau à ce qu'elles y ont trouvé joint autrefois, comme si les choses étaient liées en effet, parce que leurs images le sont dans la mémoire. Il est bien vrai que la raison conseille qu'on s'attende pour l'ordinaire de voir arriver à l'avenir ce qui est conforme à une longue expérience du passé; mais ce n'est pas pour cela une vérité nécessaire et infaillible et le succès peut cesser, quand on s'y attend le moins, lorsque les raisons qui l'ont maintenu changent. Pour cette raison, les plus sages ne s'y fient pas tant, qu'ils ne tâchent de pénétrer (s'il est possible) quelque chose de la raison de ce fait, pour juger quand il faudra faire des exceptions. Car la raison est seule capable d'établir des règles sûres et de suppléer à ce qui manque à celles qui ne l'étaient point, en y faisant des exceptions et de trouver enfin des liaisons certaines dans la force des conséquences nécessaires; ce qui donne souvent le moyen de prévoir l'événement sans avoir besoin d'expérimenter les liaisons sensibles des images, où les bêtes sont réduites, de sorte que ce qui justifie les principes internes des vérités nécessaires, distingue encore l'homme de la bête.

(*Nouveaux essais*. T. I.)

Digitized by Google

JACQUES BERNOULLI

Une courbe admirable.

Cette spirale merveilleuse me plaît si étonnamment par cette propriété singulière et admirable [1], que je puis à peine me rassasier de sa contemplation, et j'ai pensé qu'on pourrait la prendre pour symbole dans bien des cas : elle pourrait symboliser la permanence des espèces ; Dieu le fils image de son Père, émanant de lui comme la lumière de la lumière... ; la force et la constance dans l'adversité ; enfin la résurrection future. Si bien que si l'usage d'imiter Archimède pouvait être admis aujourd'hui, j'ordonnerais que cette spirale fût dessinée sur mon tombeau avec cette épigraphe : *Eadem numero mutata resurget.*

(*Des lignes développées, caustiques, anti-caustiques*, etc.)

La voile au vent.

Quoique cette spéculation ait de l'affinité avec le problème de la chaînette [2] parce que l'action constante du vent peut être assimilée à la pesanteur de la chaîne, elle est cependant beaucoup plus sublime. Celui qui connaît la nature de l'action des fluides reconnaîtra sans difficulté que la portion de la voile, dont la corde est perpendiculaire à la direction du vent, doit se courber en arc de cercle. Mais la recherche de la figure du reste de la voile est si difficile et la connaissance en serait d'une telle utilité pour l'art nautique que les

1. La spirale logarithmique est égale à sa développée, à sa caustique, etc., à toutes ses courbes conjuguées ou dérivées.
2. Voir le morceau suivant.

Digitized by Google

plus grands et les plus habiles Géomètres ont pensé qu'elle méritait leur attention.

Au reste, pour que personne n'essaye de résoudre ces problèmes par une autre méthode, j'avertis que j'ai fait particulièrement usage du *Calcul de Leibniz* que j'estime être une des plus belles inventions de notre siècle. Car quoique j'admette que la méthode de Barrow[1] lui ait fourni quelque aide, il ne faut pas en conclure que j'aie voulu rabaisser la grandeur d'une si utile invention, ni retrancher quoi que ce soit de la gloire méritée de cet homme illustre ou l'attribuer à d'autres. La différence pourrait paraître ne consister qu'en ce que Barrow conservait les quantités superflues, qu'il allait bientôt supprimer, tandis que Leibniz les omet tout d'abord. Mais cette abréviation est de telle importance qu'une infinité de difficultés peuvent être vaincues par l'une des méthodes et ne le peuvent pas par l'autre. Avoir trouvé et utilisé cette abréviation n'était certes pas du premier venu, mais d'un esprit sublime et recommande l'inventeur autant que possible.

(*De la figure d'une voile enflée par le vent.*)

1. Géomètre anglais (1630-1677).

Digitized by Google

JEAN BERNOULLI

La chaînette.

Il y a environ un an que, dans une causerie avec mon frère, la conversation tomba par hasard sur la nature de la courbe qu'affecte une corde librement suspendue entre deux points fixes. Nous nous étonnions qu'une chose exposée chaque jour aux yeux de tout le monde n'eût encore attiré l'attention de personne.

Le problème nous paraissait distingué et utile, mais nous ne voulûmes pas alors y toucher à cause de la difficulté que nous y prévoyions; et nous résolûmes de le proposer publiquement aux Érudits, pour voir si quelques-uns oseraient l'aborder; car nous savions qu'il avait été déjà agité entre les géomètres au temps de Galilée.

L'illustre géomètre Leibniz le trouva digne d'attirer son attention et nous apprit peu après qu'il en avait trouvé la solution, qu'il publierait au bout d'un temps déterminé, si personne n'y était alors parvenu.

Cela nous donna le courage d'aborder aussi ce problème et je réussis, avant l'époque fixée, à en obtenir la solution complète et telle que je n'aurais pas osé l'espérer auparavant.

Mais je trouvai que notre courbe funiculaire n'était pas géométrique, mais du nombre de celles qu'on appelle mécaniques[1], c'est-à-dire dont la nature ne peut être exprimée par une équation algébrique, de sorte que, pour la décrire, il fallait supposer la rectification d'une autre courbe ou la quadrature d'un espace curviligne.

(*Solution du problème funiculaire.*)

---

1. Nous disons maintenant « courbes transcendantes ».

Digitized by Google

Les caustiques.

Si les rayons tombent sur la partie concave d'une courbe, ils forment par leur réflexion une autre courbe à laquelle Tschirnhausen[1], qui en est l'inventeur, a donné le nom de caustique. Les anciens, jusqu'à nos jours, n'avaient en effet considéré qu'un seul point, dans l'axe de la courbe, où tous les rayons réfléchis, ou du moins quelques-uns venaient se réunir et qu'ils appelaient foyer, parce que les rayons y produisaient la plus grande chaleur.

Mais Tschirnhausen remarqua, il y a quelques années, que les courbes qui ne réunissent pas parfaitement tous les rayons en un même foyer ont une infinité de points qui peuvent aussi prendre le nom de foyers et où se réunissent plusieurs rayons. Et ces points, par leur réunion, forment la caustique dont il donna..., en 1682, la rectification et les belles propriétés, mais sans calcul et sans indication de la méthode par laquelle il y était parvenu.

Nous exposerons donc tout ce qui mérite d'être rapporté de ces courbes, mais nous montrerons combien s'est trompé l'auteur en attribuant au cercle une caustique qui diffère entièrement de la véritable, et qui même n'a rien de commun avec elle, si ce n'est l'aire.

(*Des courbes caustiques.*)

---

1. Géomètre allemand (1641-1703).

Digitized by Google

EULER

L'Analyse appliquée aux courbes.

J'ai partagé cet ouvrage en deux parties : j'ai embrassé dans la première tout ce qui fait en général l'objet de la haute et pure analyse : j'ai démontré dans la deuxième les plus beaux théorèmes de la géométrie sublime qu'il est absolument nécessaire de savoir ; parce que cette science fournit au calcul de l'infini une application très étendue...

Dans le premier livre, j'ai développé tout au long la théorie des quantités variables et de leurs fonctions ; théorie de la plus grande importance, puisque c'est sur elle que roule toute l'analyse de l'infini ; j'y ai fait voir clairement quelle doit être la transformation des fonctions, aussi bien que leurs résolutions et la manière de les développer en des suites infinies ; je n'ai point passé sous silence certaines espèces de fonctions qui jouent un assez grand rôle dans la haute analyse ; je les ai ensuite divisées en algébriques et transcendantes ; les fonctions algébriques ne sont formées que par les opérations ordinaires de l'algèbre ; mais les fonctions transcendantes résultent de la réunion d'autres rapports, ou bien des opérations de l'algèbre, mais répétées une infinité de fois. J'ai voulu dans la première subdivision partager les fonctions en rationnelles et irrationnelles ; j'ai appris à résoudre les premières en leurs principes ou à les décomposer, pour m'exprimer autrement, en leurs facteurs, opération qui est d'une grande utilité dans le calcul intégral ; ensuite j'ai exposé la méthode de changer, par voie de substitution, des fonctions irrationnelles en des fonctions rationnelles.

. . . . . .

J'ai suivi la même route dans le second volume, où j'ai

Digitized by Google

traité toutes les questions qui appartiennent à la géométrie sublime. Mais avant de m'occuper des sections coniques qui font d'ailleurs presque le seul sujet de cette science, j'ai exposé en général la doctrine des lignes courbes, de manière qu'on peut l'employer avec succès dans la recherche des propriétés d'une courbe quelconque. Je n'ai eu besoin pour cela que de l'équation primitive qui sert à exprimer en général la nature d'une courbe quelconque ; et c'est de cette égalité fondamentale que j'ai appris à déduire la figure et les principales propriétés de toute courbe... J'ai expliqué d'abord par le moyen de l'équation fondamentale les propriétés générales des courbes du second ordre... J'ai considéré de la même manière les lignes du troisième ordre que j'ai subdivisées en seize espèces...

(*Introduction à l'analyse des infiniment petits.* Traduction de MM. Pezzi et Kramp.)

Repos et mouvements.

Tout corps est en repos ou en mouvement. Quelque évidente que paraisse cette distinction, il est presque impossible de juger si un corps se trouve dans l'un ou l'autre état. Le papier que je vois sur ma table me semble effectivement en repos ; mais si je réfléchis que la terre tout entière se meut avec une vitesse aussi grande que j'ai eu l'honneur de le faire voir à Votre Altesse, il faut absolument que ma maison, avec ma table et ce papier, soient emportés par le même mouvement : ainsi tout ce qui nous paraît être en repos a véritablement le même mouvement que la terre. Il faut donc distinguer entre le vrai repos et le repos apparent. Le vrai repos est lorsqu'un corps demeure constamment dans le même lieu, non par rapport à la terre, mais par rapport à l'univers. Ainsi, si les étoiles fixes demeuraient toujours aux mêmes lieux de l'univers, elles

Digitized by Google

seraient en repos, quoiqu'elles semblent se mouvoir bien rapidement ; mais comme on n'en est pas certain, on ne peut pas dire que les étoiles fixes se trouvent dans un vrai repos. Ce qu'on nomme repos apparent est lorsqu'un corps conserve la même situation sur la terre ; on dit alors qu'il est en repos, mais il faut l'entendre d'un repos apparent. Il est à présumer aussi que ces termes de repos et de mouvement se sont introduits dans la langue pour marquer plutôt l'apparence que la vérité ; et dans ce sens je puis hardiment dire que ma table est en repos, de même que toute la terre, et que le soleil et les étoiles fixes sont en mouvement, et même dans un mouvement fort rapide, quoiqu'ils soient peut-être véritablement en repos. Ce serait donc attribuer aux termes des idées étrangères et purement philosophiques, que de vouloir les confondre avec ceux de vrai repos et vrai mouvement ; et il est fort ridicule d'employer, comme font quelques-uns, des passages de l'Écriture sainte, pour prouver que la terre est en repos et le soleil en mouvement. Toutes les langues sont introduites pour l'usage du peuple, et les philosophes sont obligés de se former une langue particulière. Puisque nous ne saurions juger du repos vrai, il est très naturel que nous jugions en repos les corps qui conservent la même situation à l'égard de la terre, comme il est très vraisemblable que les habitants des autres planètes jugent aussi du repos par la même situation à l'égard de leur planète. Nous voyons que ceux qui voyagent par mer estiment en repos les choses qui conservent la même situation à l'égard de leur vaisseau, et que les côtes qu'ils découvrent leur semblent être en mouvement, sans qu'on puisse leur faire des reproches sur cette manière de parler. Il y a donc une grande différence entre le repos et le mouvement vrais ou absolus, et le repos et le mouvement apparents, ou relatifs à un corps qu'on considère alors comme s'il était en repos, quoique peut-être il soit en mouvement. Les

Digitized by Google

principes ou lois du mouvement se rapportent principalement à l'état absolu des corps, c'est-à-dire à leur repos ou à leur mouvement vrai ou absolu. Pour découvrir ces lois, on commence par considérer un seul corps, abstraction faite de tous les autres, comme s'ils n'existaient point. Cette hypothèse, quoique impossible, peut faire distinguer ce qui est opéré par la nature du corps même, de ce que les autres corps peuvent opérer sur lui. Soit donc un corps seul et en repos, on demande s'il demeurera en repos, ou s'il commencera à se mouvoir? Comme il n'y a aucune raison qui le porte à se mouvoir d'un côté plutôt que d'un autre, on conclut qu'il demeurera toujours en repos. La même chose doit arriver, supposant l'existence d'autres corps, pourvu qu'ils n'agissent pas sur le corps en question; d'où suit cette loi fondamentale : *Quand un corps se trouve une fois en repos, et qu'il n'y a rien au dehors qui agisse sur lui, ce corps demeurera toujours en repos ; et s'il commençait à se mouvoir, la cause de son mouvement serait hors de lui, de sorte qu'il n'y a rien dans le corps même qui soit capable de le mettre en mouvement.* Donc, quand nous voyons qu'un corps qui a été en repos commence à se mouvoir, nous pouvons être assurés que ce mouvement a été causé par une force externe, puisqu'il n'y a rien dans le corps même qui soit capable de le mettre en mouvement, et que ce corps, s'il était seul et sans communication avec d'autres corps, serait toujours resté en repos.

Quelque fondée que soit cette loi, qui pourrait aller de pair avec les vérités géométriques, il y a des gens, peu accoutumés à examiner les choses, qui prétendent que l'expérience y est contraire. Ils allèguent l'exemple d'un fil auquel est suspendue une pierre qui est en repos, mais qui tombe dès qu'on coupe le fil. Il est certain, disent-ils, que l'action par laquelle on coupe le fil n'est pas capable de faire mouvoir la pierre ; il faut donc que la pierre tombe par une force qui lui est propre et interne. Le fait est cer-

Digitized by Google

tain, mais il est aussi clair que la gravité est la cause de la chute, et non une force interne qui serait dans la pierre.

(*Lettres à une Princesse d'Allemagne.*)

L'origine et la nature des forces.

Il est sans doute fort surprenant que, pendant que chaque corps a une disposition naturelle à se conserver dans le même état, et à s'opposer même à tout changement, tous les corps du monde néanmoins changent perpétuellement leur état. Nous savons bien que ce changement ne saurait arriver sans une force qui a son existence hors du corps dont l'état est changé ; mais où faut-il donc chercher toutes les forces qui opèrent ces changements continuels dans tous les corps du monde, et qui soient encore étrangères au corps? Faudra-t-il donc supposer, outre les corps qui sont dans le monde, encore des êtres particuliers qui contiennent ces forces ; ou les forces mêmes seraient-elles des substances existantes dans le monde ? Nous ne connaissons que deux espèces d'êtres qui existent dans le monde, dont l'une comprend tous les corps, et l'autre tous les êtres intellectuels, savoir, les esprits et les âmes des hommes avec celles des bêtes ; faudrait-il donc, outre les corps et les esprits, établir dans le monde encore une troisième espèce d'êtres qui seraient les forces ? ou serait-ce les esprits qui changent continuellement l'état des corps ? L'un et l'autre renferment trop d'inconvénients pour qu'on puisse y acquiescer. Car, quoiqu'on ne puisse nier que les âmes des hommes et des bêtes aient un pouvoir de produire des changements dans leurs corps, il serait pourtant absurde de soutenir que le mouvement d'une bille sur le billard fût retardé et réduit au repos par quelque esprit ; ou que la gravité fût opérée par un esprit qui pousserait sans cesse les corps en bas ; ou que les corps célestes, en tant

Digitized by Google

qu'ils changent, dans leur mouvement, de direction et de vitesse, soient soumis à l'action des esprits, comme portait le sentiment de quelques philosophes de l'antiquité, qui ont assigné à chaque corps céleste un esprit ou un ange qui le conduisait dans sa route. Or, en raisonnant solidement sur les phénomènes du monde, il faut convenir qu'à l'exception des corps animés, c'est-à-dire des hommes et des bêtes, tous les changements d'état qui arrivent aux autres corps sont produits par des causes corporelles, auxquelles les esprits n'ont aucune part.

Toute la question se réduit donc à examiner si les forces qui changent l'état des corps existent à part, et constituent une espèce particulière d'êtres, ou si elles existent dans les corps. Ce dernier sentiment paraît d'abord fort étrange ; car si tous les corps ont un pouvoir de se conserver dans le même état, comment serait-il possible qu'ils renfermassent en même temps des forces qui tendent à changer cet état ? En bien pesant toutes ces difficultés, Votre Altesse ne sera pas surprise que l'origine des forces a de tout temps été la pierre d'achoppement de tous les philosophes. Tous l'ont regardée comme le plus grand mystère dans la nature, qui demeurera toujours caché à la pénétration des mortels. Cependant j'espère présenter à Votre Altesse une explication si claire de ce prétendu mystère, que toutes les difficultés qui ont paru insurmontables jusqu'ici s'évanouiront entièrement. Je dis donc (ce qui paraîtra bien étrange) que la même faculté des corps, par laquelle ils s'efforcent de se conserver dans le même état, est capable de fournir des forces qui changent l'état des autres. Je ne dis pas qu'un corps change jamais son propre état, mais qu'il peut devenir capable de changer l'état d'un autre corps. Pour mettre Votre Altesse en état d'approfondir ce mystère sur l'origine des forces, il suffira de considérer deux corps comme s'ils existaient seuls au monde...

(*Lettres à une Princesse d'Allemagne.*)

Digitized by Google

CLAIRAUT

La figure de la Terre.

Quand on considère tout ce qui compose la surface de notre globe, les continents, les mers, les lacs, les montagnes, les courants des fleuves, etc., on est d'abord porté à croire que toutes les recherches que peut fournir la théorie pour déterminer la figure de la Terre, sont de vaines spéculations, et que, même la mesure actuelle, ne saurait nous en faire connaître que de très petites parties, sans en pouvoir rien conclure pour le tout.

Quand on remarque ensuite que les mers communiquent ensemble de toutes parts, que les côtes ne sont que très peu élevées au-dessus de la mer, que la hauteur des plus grandes montagnes est presque nulle en comparaison du diamètre de la Terre, que la déclivité des plus grands fleuves ne suppose pas que leurs sources soient plus élevées au-dessus du niveau de la mer que ne le sont les montagnes ; on vient bientôt à reconnaître que la figure de la Terre doit dépendre des lois de l'hydrostatique, et que les opérations faites pour la mesurer doivent donner à peu près les mêmes résultats que si on les faisait sur une masse d'eau qui se serait durcie après avoir pris la figure que demande l'équilibre.

Mais les lois de l'hydrostatique ne pourraient-elles pas permettre que cette masse d'eau eût une forme irrégulière, qu'elle fût aplatie par un pôle, allongée par l'autre, et que les méridiens ne fussent pas semblables ? En ce cas, les opérations faites en Laponie, en France et au Pérou ne pourraient nous donner la vraie figure de la Terre ? Voyons donc ce que demandent les lois de l'hydrostatique.

On sait, par les premiers principes de cette science,

Digitized by Google

qu'un fluide ne saurait être en repos, à moins que sa surface ne soit de niveau, c'est-à-dire perpendiculaire à la ligne à plomb, parce qu'alors chaque goutte n'a pas plus de pente à couler d'un côté que d'un autre.

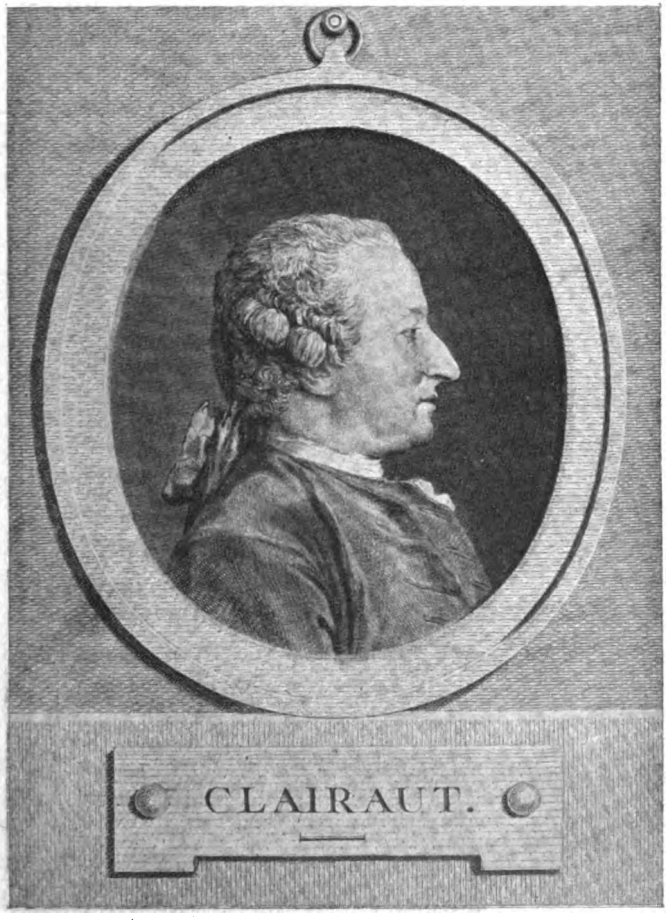
De là il suit, que si la force avec laquelle tous les corps tombent était toujours dirigée vers un même centre, la Terre devrait être parfaitement ronde, afin que les eaux qui la couvrent fussent en équilibre ; mais si, au contraire, la direction de la pesanteur suit une ligne qui ne passe pas par le centre, la Terre ne sera plus sphérique, mais elle aura la forme nécessaire, pour qu'en chacun des points de sa surface elle soit coupée perpendiculairement par la direction de la pesanteur en ce point.

Toute la question de la Figure de la Terre est donc fondée sur la loi suivant laquelle la force de la pesanteur agit...

L'astronomie nous apprend que la force qui retient la Lune dans son orbite, est la même que celle qui fait tomber les corps ici-bas ; que cette force agit dans tout l'univers ; qu'elle pousse les planètes vers le Soleil, et les satellites vers leurs planètes principales ; mais si toutes ces impulsions d'une même force suivent, ainsi que les observations astronomiques nous l'apprennent, des lois constantes, quoi de plus naturel que de penser que cette force, qui agit si régulièrement sur les corps célestes, agit de même sur la surface et au dedans de la Terre ?

Il y a plus, nous apprenons par des observations faites en divers lieux, que la force avec laquelle les corps tombent sur la Terre, diminue en allant du nord au sud, et que cette diminution se fait régulièrement. Et quoique ces observations ne nous apprennent à mesurer que l'effort de la pesanteur sans nous apprendre sa direction, c'est-à-dire, sans nous montrer de combien elle écarte les corps de la ligne tirée au centre, nous ne pouvons pas douter, ce me semble, que cette force ne suive une loi aussi régulière

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

dans sa direction que dans la quantité de son impulsion ; car ce serait être bien peu physicien, que d'abandonner ce que les observations astronomiques et géographiques nous apprennent, pour se livrer à une hypothèse dans laquelle la pesanteur pousserait les corps tantôt d'un côté, tantôt d'un autre, et ferait de la Terre un corps irrégulier.

(*Théorie de la figure de la Terre tirée des principes de l'hydrostatique.* Introduction.)

La géométrie des commençants.

Quoique la Géométrie soit par elle-même abstraite, il faut avouer cependant que les difficultés qu'éprouvent ceux qui commencent à s'y appliquer, viennent le plus souvent de la manière dont elle est enseignée dans les éléments ordinaires. On y débute toujours par un grand nombre de définitions, de demandes, d'axiomes et de principes préliminaires, qui semblent ne promettre rien que de sec au lecteur. Les propositions qui viennent ensuite, ne fixant point l'esprit sur des objets plus intéressants, et étant d'ailleurs difficiles à concevoir, il arrive communément que les commençants se fatiguent et se rebutent avant que d'avoir une idée distincte de ce qu'on voulait leur enseigner...

Quelques réflexions que j'ai faites sur l'origine de la Géométrie m'ont fait espérer d'éviter ces inconvénients, en réunissant les deux avantages d'intéresser et d'éclairer les commençants. J'ai pensé que cette science, comme toutes les autres, devait s'être formée par degrés, que c'était vraisemblablement quelque besoin qui lui avait fait faire les premiers pas, et que ces premiers pas ne pouvaient pas être hors de la portée des commençants, puisque c'étaient des commençants qui les avaient faits.

Prévenu de cette idée, je me suis proposé de remonter à

Digitized by Google

ce qui pouvait avoir donné naissance à la Géométrie; et j'ai tâché d'en développer les principes par une méthode assez naturelle, pour être supposée la même que celle des premiers inventeurs, observant seulement d'éviter toutes les fausses tentatives qu'ils ont nécessairement dû faire.

La mesure des terrains m'a paru ce qu'il y avait de plus propre à faire naître les premières propositions de Géométrie; et c'est en effet l'origine de cette science, puisque Géométrie, signifie *mesure de terrain*. Quelques auteurs prétendent que les Égyptiens, voyant continuellement les bornes de leurs héritages détruites par les débordements du Nil, jetèrent les premiers fondements de la Géométrie, en cherchant les moyens de s'assurer exactement de la situation, de l'étendue et de la figure de leurs domaines. Mais quand on ne s'en rapporterait pas à ces auteurs, du moins ne saurait-on douter que, dès les premiers temps, les hommes n'aient cherché des méthodes pour mesurer et pour partager leurs terres. Voulant dans la suite perfectionner ces méthodes, les recherches particulières les conduisirent peu à peu à des recherches générales; et s'étant enfin proposé de connaître le rapport exact de toutes sortes de grandeurs, ils formèrent une science d'un objet beaucoup plus vaste que celui qu'ils avaient d'abord embrassé, et à laquelle ils conservèrent cependant le nom qu'ils lui avaient donné dans son origine.

Afin de suivre dans cet ouvrage une route semblable à celle des inventeurs, je m'attache d'abord à faire découvrir aux commençants les principes dont peut dépendre la simple mesure des terrains et des distances accessibles ou inaccessibles, etc. De là je passe à d'autres recherches qui ont une telle analogie avec les premières, que la curiosité naturelle de tous les hommes les porte à s'y arrêter; et justifiant ensuite cette curiosité par quelques applications utiles, je parviens à faire parcourir tout ce que la Géométrie élémentaire a de plus intéressant.

Digitized by Google

On ne saurait disconvenir, ce me semble, que cette méthode ne soit au moins propre à encourager ceux qui pourraient être rebutés par la sécheresse des vérités géométriques dénuées d'applications; mais j'espère qu'elle aura encore une utilité plus importante, c'est qu'elle accoutumera l'esprit à chercher et à découvrir; car j'évite avec soin de donner aucune proposition sous la forme de théorèmes, c'est-à-dire de ces propositions où l'on démontre que telle ou telle vérité est, sans faire voir comment on est parvenu à la découvrir.

(*Eléments de Géométrie*. Préface.)

Digitized by Google

D'ALEMBERT

La physique expérimentale ; l'induction et la déduction.

La physique expérimentale n'est nullement nécessaire pour déterminer les lois du mouvement et de l'équilibre ; un véritable physicien n'a pas plus besoin du secours de l'expérience pour démontrer les lois de la mécanique et de la statique qu'un géomètre n'a besoin de règle et de compas pour s'assurer qu'il a résolu un problème difficile. La seule utilité expérimentale que le physicien puisse tirer des observations sur les lois de l'équilibre, sur celles du mouvement et en général sur les affections primitives des corps, c'est d'examiner attentivement la différence entre le résultat que donne la théorie et celui que fournit l'expérience, et d'employer cette différence pour déterminer, par exemple, dans les effets des machines simples l'altération occasionnée par le frottement et par d'autres causes... Alors l'expérience ne servira plus simplement à confirmer la théorie; mais, différant de la théorie sans l'ébranler, elle conduira à des vérités nouvelles auxquelles la théorie seule n'aurait pu atteindre.

Le premier objet réel de la physique expérimentale est l'examen des propriétés générales des corps que l'observation nous fait connaître pour ainsi dire en gros, mais dont l'expérience seule peut mesurer et déterminer les effets : tels sont, par exemple, les phénomènes de la pesanteur. Aucune théorie générale n'aurait pu nous faire trouver la loi que les corps pesants suivent dans leur chute verticale ; mais, cette loi une fois connue par l'expérience, tout ce qui appartient au mouvement des corps pesants, soit rectiligne, soit curviligne, soit incliné, soit vertical, n'est plus que du ressort de la théorie...

Digitized by Google

Il en est de même d'un grand nombre de parties de la physique, dans lesquelles une seule expérience ou même une seule observation sert de base à des théories complètes. Ces parties sont principalement celles qu'on a appelées physico-mathématiques, et qui consistent dans l'application de la géométrie et du calcul aux phénomènes de la nature... La perfection de l'analyse et l'invention des nouveaux calculs nous ont mis en état de soumettre à la géométrie des phénomènes très compliqués. Il serait seulement à souhaiter que les géomètres n'eussent pas quelquefois abusé de la facilité qu'ils avaient d'appliquer le calcul à certaines hypothèses;... que la géométrie, qui ne doit qu'obéir à la physique quand elle se réunit avec elle, ne lui commande jamais... Reconnaissons que les différents sujets de physique ne sont pas également susceptibles de l'application de la géométrie. Si les observations ou les expériences qui servent de base au calcul sont en petit nombre, si elles sont simples et lumineuses, le géomètre sait alors en tirer le plus grand avantage et en déduire les connaissances physiques les plus capables de satisfaire l'esprit. Des observations moins parfaites servent souvent à le conduire dans ses recherches et à donner à ses découvertes un nouveau degré de certitude; quelquefois même le raisonnement mathématique peut l'instruire et l'éclairer, quand l'expérience est muette ou ne parle que d'une manière confuse; enfin, si les matières qu'il se propose de traiter ne laissent aucune prise à ses calculs, il se réduit alors aux simples faits dont les observations l'instruisent; incapable de se contenter de fausses lueurs quand la lumière lui manque, il n'a point recours à des raisonnements vagues et obscurs, au défaut de démonstrations rigoureuses.

C'est principalement la méthode qu'il doit suivre par rapport à ces phénomènes sur la cause desquels le raisonnement ne peut nous aider, dont nous n'apercevons point

Digitized by Google

la chaîne, ou dont nous ne voyons du moins la liaison que très imparfaitement, très rarement et après les avoir envisagés sous bien des faces. Ce sont là les faits que le physicien doit surtout chercher à bien connaître ; il ne saurait trop les multiplier ; plus il en aura recueilli, plus il sera près d'en voir l'union ; son objet doit être d'y mettre l'ordre dont ils seront susceptibles, d'expliquer autant qu'il sera possible les uns par les autres, d'en trouver la dépendance mutuelle, de saisir le tronc principal qui les unit, de découvrir même par leur moyen d'autres faits cachés et qui semblaient se dérober à ses recherches, en un mot, d'en former un corps, où il se trouve le moins de lacunes qu'il se pourra ; il n'en restera toujours que trop. Qu'il se garde bien surtout de vouloir rendre raison de ce qui lui échappe, qu'il se défie de la fureur d'expliquer tout,... de se contenter de principes et de raisons vagues, propres à soutenir également le pour et le contre... Des faits et point de verbiage, voilà la grande règle en physique comme en histoire, ou, pour parler plus exactement, les explications dans un livre de physique doivent être comme les réflexions dans l'histoire, courtes, sages, fines, amenées par les faits ou renfermées dans les faits mêmes par la manière dont on les présente.

Au reste, quand nous proscrivons de la physique la manie de tout expliquer, nous sommes bien éloignés de condamner ni cet esprit de conjecture qui, tout à la fois timide et éclairé, conduit quelquefois à des découvertes, ni cet esprit d'analogie dont la hardiesse perce au delà de ce que la nature semble vouloir montrer et prévoit les faits avant de les avoir vus. Ces deux talents précieux et rares trompent à la vérité quelquefois celui qui n'en fait pas assez sobrement usage, mais ne se trompe pas ainsi qui veut.

Si la retenue et la circonspection doivent être un des principaux caractères du physicien, la patience et le cou-

Digitized by Google

rage doivent d'un autre côté le soutenir dans son travail... En nous méfiant de notre industrie, gardons-nous de nous en méfier avec excès. Dans l'impuissance que nous sentons tous les jours de surmonter tant d'obstacles qui se présentent à nous, nous serions trop heureux sans doute si nous pouvions du moins juger au premier coup d'œil jusqu'où nos efforts peuvent atteindre ; mais telle est tout à la fois la force et la faiblesse de notre esprit, qu'il est souvent aussi dangereux de prononcer sur ce qu'il ne peut pas que sur ce qu'il peut. Combien de découvertes modernes dont les anciens n'avaient pas même l'idée ? Combien de découvertes perdues que nous contesterions trop légèrement ? Et combien d'autres que nous jugerions impossibles sont réservées pour notre postérité ?

(*Essais sur les Éléments de la Philosophie.*)

Simplicité et certitude.

C'est à la simplicité de leur objet que les sciences mathématiques sont principalement redevables de leur certitude. Il faut même avouer que comme toutes les parties des mathématiques n'ont pas un objet également simple, aussi la certitude proprement dite, celle qui est fondée sur des principes nécessairement vrais et évidents par eux-mêmes, n'appartient ni également, ni de la même manière à toutes ces parties. Il n'y a, pour parler exactement, que celles qui traitent du calcul des grandeurs et des propriétés générales de l'étendue, c'est-à-dire l'Algèbre, la Géométrie et la Mécanique, qu'on puisse regarder comme marquées au sceau de l'évidence. Encore y a-t-il, dans la lumière que ces sciences présentent à notre esprit, une espèce de gradation et pour ainsi dire de nuance à observer. Plus l'objet qu'elles embrassent est étendu et considéré d'une manière générale et abstraite, plus aussi leurs prin-

Digitized by Google

cipes sont exempts de nuages ; c'est par cette raison que la Géométrie est plus simple que la Mécanique et moins simple que l'Algèbre. Ce paradoxe n'en sera point un pour ceux qui ont étudié ces sciences en philosophes ; les notions les plus abstraites, celles que le commun des hommes regarde comme les plus inaccessibles, sont souvent celles qui portent avec elles une plus grande lumière. L'obscurité s'empare de nos idées à mesure que nous examinons dans un objet plus de propriétés sensibles. L'impénétrabilité ajoutée à l'idée de l'étendue semble ne nous offrir qu'un mystère de plus ; la nature du mouvement est une énigme pour les physiciens ; le principe métaphysique des lois de la percussion ne leur est pas moins caché ; en un mot, plus ils approfondissent l'idée qu'ils se forment de la matière et des propriétés qui la représentent, plus cette idée s'obscurcit et paraît vouloir leur échapper.

(*Préface de l'Encyclopédie.*)

Sur Descartes.

Au chancelier Bacon succéda l'illustre Descartes. Cet homme rare, dont la fortune a tant varié en moins d'un siècle, avait tout ce qu'il fallait pour changer la face de la philosophie : une imagination forte, un esprit très conséquent, des connaissances puisées dans lui-même plus que dans les livres, beaucoup de courage pour combattre les préjugés les plus généralement reçus, et aucune espèce de dépendance qui le forçât à les ménager. Aussi éprouva-t-il de son vivant même ce qui arrive, pour l'ordinaire, à tout homme qui prend un ascendant trop marqué sur les autres : il fit quelques enthousiastes et eut beaucoup d'ennemis. Soit qu'il connût sa nation ou qu'il s'en défiât seulement, il s'était réfugié dans un pays entièrement libre pour y méditer plus à son aise. Quoiqu'il pensât beaucoup moins

Digitized by Google

à faire des disciples qu'à les mériter, la persécution alla le chercher dans sa retraite, et la vie cachée qu'il menait ne put l'y soustraire. Malgré toute la sagacité qu'il avait employée pour prouver l'existence de Dieu, il fut accusé de la nier par des ministres qui peut-être n'y croyaient pas. Tourmenté et calomnié par des étrangers, et assez mal accueilli de ses compatriotes, il alla mourir en Suède, bien éloigné sans doute de s'attendre au succès brillant que ses opinions auraient un jour.

On peut considérer Descartes comme géomètre ou comme philosophe. Les mathématiques, dont il semble avoir fait assez peu de cas, font néanmoins aujourd'hui la partie la plus solide et la moins contestée de sa gloire. L'algèbre, créée en quelque manière par les Italiens, prodigieusement augmentée par notre illustre Viète, a reçu entre les mains de Descartes de nouveaux accroissements. Un des plus considérables est sa *Méthode des indéterminées*, artifice très ingénieux et très subtil qu'on a su appliquer depuis à un grand nombre de recherches. Mais ce qui a surtout immortalisé le nom de ce grand homme, c'est l'application qu'il a su faire de l'algèbre à la géométrie, idée des plus vastes et des plus heureuses que l'esprit humain ait jamais eues, et qui sera toujours la clef des plus profondes recherches, non seulement dans la géométrie, mais dans toutes les sciences physico-mathématiques.

Comme philosophe, il a peut-être été aussi grand ; mais il n'a pas été si heureux. La géométrie, qui, par la nature de son objet, doit toujours gagner sans perdre, ne pouvait manquer, étant maniée par un aussi grand génie, de faire des progrès très sensibles et apparents pour tout le monde. La philosophie se trouvait dans un état bien différent : tout y était à commencer ; et que ne coûtent point les premiers pas en tout genre ? Le mérite de les faire dispense de celui d'en faire de grands. Si Descartes, qui nous a ouvert la route, n'y a pas été aussi loin que ses sectateurs le croient,

Digitized by Google

il s'en faut beaucoup que les sciences lui doivent aussi peu que le prétendent ses adversaires. Sa *Méthode* seule aurait suffi pour le rendre immortel ; sa *Dioptrique* est la plus grande et la plus belle application qu'on eût faite encore de la géométrie à la physique ; on voit enfin dans ses ouvrages, même les moins lus maintenant, briller partout le génie inventeur. Si on juge sans partialité ces *Tourbillons* devenus aujourd'hui presque ridicules, on conviendra, j'ose le dire, qu'on ne pouvait alors imaginer rien de mieux. Les observations astronomiques qui ont servi à les détruire étaient encore imparfaites ou peu constatées : rien n'était plus naturel que de supposer un fluide qui transportât les planètes. Il n'y avait qu'une longue suite de phénomènes, de raisonnements et de calculs, et par conséquent une longue suite d'années, qui pût faire renoncer à une théorie si séduisante. Elle avait d'ailleurs l'avantage singulier de rendre raison de la gravitation des corps par la force centrifuge du tourbillon même, et je ne crains point d'avancer que cette explication de la pesanteur est une des plus belles et des plus ingénieuses hypothèses que la philosophie ait jamais imaginées. Aussi a-t-il fallu, pour l'abandonner, que les physiciens aient été entraînés comme malgré eux par la théorie des forces centrales et par des expériences faites longtemps après. Reconnaissons donc que Descartes, forcé de créer une physique toute nouvelle, n'a pu la créer meilleure ; qu'il a fallu, pour ainsi dire, passer par les tourbillons, pour arriver au vrai système du monde, et que, s'il s'est trompé sur les lois du mouvement, il a du moins deviné le premier qu'il devait y en avoir.

(*Discours préliminaire de l'Encyclopédie.*)

La découverte de l'astronomie.

Si quelque science mérite à tous égards d'être traitée

Digitized by Google

selon la méthode des inventeurs, ou du moins selon celle qu'ils ont pu suivre, c'est sans doute l'Astronomie. Rien ne peut être plus satisfaisant pour l'esprit humain, que de voir par quelle suite d'observations, de recherches, de combinaisons et de calculs, les hommes sont parvenus à connoître le mouvement de ce globe qu'ils habitent, et celui des autres corps de notre système planétaire. La meilleure manière de traiter les élémens d'Astronomie, est donc d'y supposer, si on peut parler de la sorte, un Astronome tombé des nues, et isolé sur la terre, à qui la nature accorde une assez longue vie pour connoître tout ce que l'observation peut découvrir de phénomènes célestes, et qui a en même temps les connoissances géométriques, nécessaires pour pouvoir tirer de ces phénomènes toutes les conséquences qui en résultent. Cette méthode, outre les avantages qu'elle a pour elle-même, peut encore fournir des observations très philosophiques, sur les développemens de l'esprit humain, et sur la manière dont il procède dans ses recherches. Le génie des philosophes, en cela peu différent de celui des autres hommes, les porte à ne chercher d'abord ni uniformité ni loi dans les phénomènes qu'ils observent. Commencent-ils à y soupçonner quelque marche régulière, ils imaginent aussitôt la plus parfaite et la plus simple? Bientôt une observation plus suivie les détrompe, et souvent même les ramène précipitamment à leur premier avis. Enfin, une étude longue, assidue, dégagée de préventions et de systèmes, les remet dans les limites du vrai, et leur apprend que pour l'ordinaire la loi des phénomènes n'est ni assez peu composée pour être aperçue tout à coup, ni aussi irrégulière qu'on pourroit le penser ; que chaque effet venant toujours du concours de plusieurs causes, la manière d'agir de chacune est simple, mais que le résultat de leur action réunie, est compliqué quoique régulier, et que tout se réduit à décomposer ce résultat pour en démêler les différentes parties. Parmi une infinité d'exemples qu'on

Digitized by Google

pourroit apporter de ce que nous avançons ici, le mouvement des planètes en fournit un bien frappant. A peine a-t-on soupçonné que les planètes se mouvoient circulairement, qu'on leur a fait décrire des cercles parfaits et d'un mouvement uniforme, d'abord autour de la terre, puis autour du soleil comme centre : l'observation ayant montré bientôt après que les planètes étoient tantôt plus, tantôt moins éloignées du soleil, on a déplacé cet astre du centre des orbites, mais sans rien changer ni à la figure circulaire, ni à l'uniformité du mouvement qu'on avoit supposées ; on s'est aperçu ensuite que les orbites n'étoient ni circulaires, ni décrites uniformément, et on leur a donné la figure elliptique, la plus simple des ovales que nous connaissions ; enfin on a vu que cette figure ne répondoit pas encore à tout ; que plusieurs des planètes, entr'autres Saturne, Jupiter et la Lune ne s'y assujettissoient pas exactement dans leur cours. On a tâché de découvrir la loi de leurs inégalités, et c'est le grand objet qui occupe aujourd'hui les savans.

Ainsi les élémens d'Astronomie, composés suivant la méthode des inventeurs, et conformément au plan que nous proposons, montreroient comment on est parti d'abord des hypothèses les plus simples, pour rendre raison des phénomènes ; comment on a ensuite rectifié ces hypothèses à mesure que les phénomènes ont été mieux connus; et comment enfin on est parvenu insensiblement à porter l'Astronomie au point de perfection où nous la voyons.

(*Maximes diverses.*)

La paresse des géomètres.

Les grands géomètres connoissent cette espèce de paresse qui préfère la peine de découvrir une vérité, à la contrainte peu agréable de la suivre dans l'ouvrage d'autrui ; en général, ils se lisent peu les uns les autres, et peut-être

Digitized by Google

perdroient-ils à lire beaucoup. Une tête pleine d'idées empruntées n'a plus de place pour les siennes propres, et trop de lecture peut étouffer le génie, au lieu de l'aider. Si elle est plus nécessaire dans l'étude de Belles-Lettres que dans celle de la Géométrie, la différence de leurs objets et des qualités qu'elles exigent, en est sans doute la cause. La Géométrie ne veut que découvrir des vérités, souvent difficiles à atteindre, mais faciles à reconnoître dès qu'on les a saisies, et elle ne demande pour cela qu'une justesse et une sagacité qui ne s'acquièrent point. Si elle n'arrive pas précisément à son but, elle le manque entièrement ; mais tout moyen lui est bon pour y arriver, et chaque esprit a le sien qu'il est en droit de croire le meilleur ; au contraire, le mérite principal de l'éloquence et de la poésie consiste à exprimer et à peindre ; et les talens naturels, absolument nécessaires pour y réussir, ont encore besoin d'être éclairés par l'étude réfléchie des excellens modèles, et, pour ainsi dire, guidés par l'expérience de tous les siècles. Quand une fois on a lu un problème de Newton, on a tout vu, parce que la vérité s'y montre nue et sans réserve ; mais quand on a lu et relu une page de Virgile ou de Racine, il y reste encore cent choses à voir. Un bel esprit qui ne lit point, n'a pas moins à craindre de passer pour un écrivain ridicule, qu'un géomètre qui lit trop, de n'être jamais que médiocre.

(*Idem.*)

La beauté de la géométrie.

La Géométrie n'a-t-elle pas par elle-même une beauté réelle, indépendante de toute utilité vraie ou prétendue ? quand elle n'auroit d'autres prérogatives que de nous offrir sans mélange des connoissances évidentes et certaines, un si grand avantage ne la rendroit-il pas digne de notre étude ? Elle est, pour ainsi dire, la mesure la plus précise de notre

Digitized by Google

esprit, de son degré d'étendue, de sagacité, de profondeur et de justesse. Si elle ne peut nous donner ces qualités, on conviendra du moins qu'elle les fortifie, et fournit les moyens les plus faciles de nous assurer nous-même, et de faire connoître aux autres jusqu'à quel point nous les possédons[1]. Archimède est encore plus célèbre par ses recherches sur la parabole et sur les spirales, que par ses sphères mouvantes et ses bascules. Descartes et Newton, dont les ouvrages n'ont guère contribué qu'aux progrès de la raison, seront l'un et l'autre immortels, tandis que les inventeurs des arts les plus nécessaires sont pour la plupart inconnus, parce que c'est plutôt le hasard que le génie qui les a guidés. Un historien est loué de travailler à illustrer sa nation ; quel respect ne mérite pas un petit nombre de génies rares, qui, en montrant jusqu'où peuvent aller les forces de l'esprit, ont éclairé l'univers, et fait honneur à l'humanité. Il a fallu des siècles pour les produire, et on ne peut espérer de les voir de temps en temps renaître, qu'en ne traitant point leurs disciples de fainéants laborieux. Ainsi, quand les spéculations de la Géométrie transcendante ne seroient et ne pourroient être d'aucun usage, ce qu'on est bien éloigné de prouver, ces hommes respectables devroient être à l'abri du reproche de frivolité que leur font tous les jours des gens oisifs, frivoles par état, et incapables de les apprécier. Si des travaux d'une utilité matérielle et sensible étoient la seule ou la principale mesure du mérite, le laboureur et le soldat, aujourd'hui victimes d'un mépris injuste, devroient recevoir des honneurs aussi peu mérités. Les talens de toute espèce, les noms célèbres en tout genre seroient oubliés ou proscrits ; la barbarie renaîtroit bientôt, et avec elle tous les maux qu'elle traîne à sa suite.

(*Idem.*)

---

1. De là, la légitime importance attachée aux Mathématiques dans tous les examens.

Digitized by Google

LAGRANGE

Les cartes géographiques.

Une Carte géographique n'est autre chose qu'une figure plane qui représente la surface de la Terre, ou une de ses parties. Cette représentation n'aurait aucune difficulté si la Terre était plate, ou si elle était un solide quelconque terminé par des surfaces planes ; il en serait de même si la Terre avait une surface courbe telle qu'elle pût se développer sur un plan, ce qui a lieu à l'égard des cônes et d'une infinité d'autres surfaces courbes. Mais la Terre étant sphérique, ou plutôt sphéroïdique, il est impossible de représenter sur un plan une partie quelconque de sa surface sans altérer les positions et les distances respectives des différents lieux ; et la plus grande perfection d'une Carte géographique doit consister dans la moindre altération de ces distances.

Dans l'impossibilité de construire des Cartes géographiques qui soient la représentation exacte de la Terre, les Géographes ont pensé à former des espèces de tableaux, où les mêmes lieux soient placés suivant les règles de la Perspective ; c'est ce qui a donné lieu aux différentes espèces de projections géographiques, lesquelles ne diffèrent que dans la position de l'œil et dans celle du plan de projection par rapport à la surface terrestre.

Comme la situation des différents lieux de la Terre se détermine par les cercles de longitude et de latitude qui passent par ces lieux, toute la difficulté consiste dans la projection de ces cercles, et il est facile de concevoir que la projection d'un cercle quelconque de la sphère ne peut être qu'une section conique, formée par l'intersection du plan de

Digitized by Google

projection avec le cône qui aura le même cercle pour base, et dont le sommet sera dans le lieu de l'œil.

Si l'œil est dans le centre du globe, la projection se nomme *centrale* et elle a la propriété que tous les grands cercles se trouvent représentés par des lignes droites ; mais les petits cercles le sont par des cercles ou par des ellipses, suivant que leur plan est parallèle ou non au plan de projection. On se sert quelquefois de cette projection pour les Mappemondes, et l'on y suppose ordinairement que le plan de projection est parallèle à l'équateur, moyennant quoi tous les cercles de latitude deviennent aussi des cercles dans la Mappemonde ; mais elle n'est guère usitée pour les Cartes particulières qui ne représentent qu'une partie de la surface de la Terre ; elle l'est davantage pour les Cartes célestes, et c'est, en général, à cette projection que se réduit la Gnomonique, les lignes horaires d'un cadran quelconque n'étant autre chose que les projections centrales des cercles horaires de la sphère.

Au reste, des Cartes géographiques construites d'après cette projection auraient le grand avantage que tous les lieux de la Terre, qui sont situés dans un même grand cercle du globe, se trouveraient placés en ligne droite dans la Carte ; en sorte que, pour avoir le plus court chemin d'un lieu de la Terre à l'autre, il n'y aurait qu'à joindre ces deux lieux dans la Carte par une ligne droite.

En plaçant l'œil à la surface du globe, et en prenant le plan de projection perpendiculaire au rayon visuel mené de l'œil au centre, on a la projection connue sous le nom de *projection stéréographique*, imaginée d'abord par Ptolémée pour la construction des astrolabes ou planisphère céleste, et adoptée ensuite par la plupart des Géographes modernes pour la construction des Cartes terrestres. La principale propriété de cette projection consiste en ce que tous les cercles du globe y sont pareillement représentés par des cercles ; en sorte qu'il suffit de déterminer la projection de

Digitized by Google

trois points quelconques d'un méridien ou d'un parallèle, pour pouvoir tracer la projection entière du cercle. On trouve dans différents Traités de Géographie des règles pour tracer des méridiens et des parallèles, quelle que soit la position de l'œil sur la surface du globe...

Cette belle propriété de la projection stéréographique a été découverte par Ptolémée... Elle dépend, en général, de ce que la section du cône visuel est toujours anti-parallèle à la base, en sorte que, celle-ci étant un cercle, la section ou projection de ce cercle doit en être un aussi.

Mais la même projection stéréographique a encore une autre propriété très remarquable, qui ne paraît pas avoir été aperçue par Ptolémée; c'est que les cercles de la projection se coupent dans les mêmes angles que les cercles du globe, en sorte que tous les angles formés sur la surface du globe se trouvent les mêmes dans la projection; d'où il s'ensuit qu'une portion quelconque infiniment petite de cette surface conserve la même figure dans la projection et n'est altérée que dans la grandeur. Nous verrons dans la suite de ce Mémoire que cette propriété n'est pas particulière à la projection stéréographique, mais a lieu aussi dans les Cartes marines réduites...

Enfin, si l'on suppose l'œil à une distance infinie du globe, en sorte que tous les rayons visuels soient des droites parallèles entre elles, et qu'on prenne le plan de projection perpendiculaire à ces rayons, on a la *projection orthographique*, dans laquelle les cercles du globe sont des lignes droites, ou des cercles, ou des ellipses, suivant que leur plan est parallèle, ou perpendiculaire, ou oblique aux rayons visuels. Cette espèce de projection n'est guère employée dans la Géographie mais elle l'est beaucoup dans l'Astronomie pour le calcul des éclipses, et dans la Gnomonique.

(*Sur la construction des Cartes géographiques.*)

Digitized by Google

La statique et la dynamique.

La Statique est la science de l'équilibre des forces. On entend, en général, par *force* ou *puissance* la cause, quelle qu'elle soit, qui imprime ou tend à imprimer du mouvement au corps auquel on la suppose appliquée, et c'est aussi par la quantité du mouvement imprimé ou prêt à imprimer, que la force ou puissance doit s'estimer. Dans l'état d'équilibre, la force n'a pas d'exercice actuel ; elle ne produit qu'une simple tendance au mouvement, mais on doit toujours la mesurer par l'effet qu'elle produirait si elle n'était pas arrêtée. En prenant une force quelconque ou son effet pour l'unité, l'expression de toute autre force n'est plus qu'un rapport, une quantité mathématique, qui peut être représentée par des nombres ou des lignes ; c'est sous ce point de vue que l'on doit considérer les forces dans la Mécanique.

L'équilibre résulte de la destruction de plusieurs forces qui se combattent et qui anéantissent réciproquement l'action qu'elles exercent les unes sur les autres ; et le but de la Statique est de donner les lois suivant lesquelles cette destruction s'opère. Ces lois sont fondées sur des principes généraux qu'on peut réduire à trois : celui du *levier*, celui de la *composition des forces*, et celui des *vitesses virtuelles*.

Archimède, le seul parmi les anciens qui nous ait laissé une théorie de l'équilibre, ... est l'auteur du principe du levier, lequel consiste, comme le savent tous les mécaniciens, en ce que si un levier droit est chargé de deux poids quelconques placés de part et d'autre du point d'appui, à des distances de ce point réciproquement proportionnelles aux mêmes poids, ce levier sera en équilibre, et son appui sera chargé de la somme des deux poids.

. . . . . .

Le second principe fondamental de la Statique est celui

Digitized by Google

de la composition des forces. Il est fondé sur cette supposition : que si deux forces agissent à la fois sur un corps suivant différentes directions, ces forces équivalent alors à une force unique, capable d'imprimer au corps le même mouvement que lui donneraient les deux forces agissant séparément. Or un corps qu'on fait mouvoir uniformément suivant deux directions différentes à la fois, parcourt nécessairement la diagonale du parallélogramme dont il eût parcouru séparément les côtés en vertu de chacun des deux mouvements. D'où l'on conclut que deux puissances quelconques, qui agissent ensemble sur un même corps, sont équivalentes à une seule représentée, dans sa quantité et sa direction, par la diagonale du parallélogramme dont les côtés représentent en particulier les quantités et les directions des deux puissances données.

. . . . . .

Les anciens ont connu la composition des mouvements, comme on le voit par quelques passages d'Aristote, dans ses Questions mécaniques...

. . . . . .

Je viens enfin au troisième principe, celui des vitesses virtuelles. On doit entendre par *vitesse virtuelle* celle qu'un corps en équilibre est disposé à recevoir, en cas que l'équilibre vienne à être rompu, c'est-à-dire la vitesse que ce corps prendrait réellement dans le premier instant de son mouvement ; et le principe dont il s'agit consiste en ce que des puissances sont en équilibre quand elles sont en raison inverse de leurs vitesses virtuelles, estimées suivant les directions de ces puissances.

Pour peu qu'on examine les conditions de l'équilibre dans le levier et les autres machines, il est facile de reconnaître cette loi, que le poids et la puissance sont toujours en raison inverse des espaces que l'un et l'autre peuvent parcourir en même temps : cependant il ne paraît pas que les Anciens en aient eu connaissance...

Digitized by Google

La Dynamique est la science des forces accélératrices ou retardatrices et des mouvements variés qu'elles doivent produire. Cette science est due entièrement aux modernes et Galilée est celui qui en a jeté les premiers fondements. Avant lui on n'avait considéré les forces qui agissent sur les corps que dans l'état d'équilibre ; et quoiqu'on ne pût attribuer l'accélération des corps pesants et le mouvement curviligne des projectiles qu'à l'action constante de la gravité, personne n'avait encore réussi à déterminer les lois de ces phénomènes journaliers, d'après une cause si simple. Galilée a fait le premier ce pas important... (Cette découverte) ne lui procura pas, de son vivant, autant de célébrité que celles qu'il avait faites dans le ciel ; mais elle fait aujourd'hui la partie la plus solide et la plus réelle de la gloire de ce grand homme.

. . . . . .

(Une) méthode réduit toutes les lois du mouvement des corps à celle de leur équilibre et ramène ainsi la Dynamique à la Statique...

Si l'on imprime à plusieurs corps des mouvements qu'ils soient forcés de changer à cause de leur action mutuelle, il est clair qu'on peut regarder ces mouvements comme composés de ceux que les corps prendront réellement, et d'autres mouvements qui sont détruits ; d'où il suit que ces derniers doivent être tels que les corps animés de ces seuls mouvements se fassent équilibre.

Tel est le principe que d'Alembert a donné dans son *Traité de Dynamique*... (Il) ne fournit pas immédiatement les équations nécessaires pour la solution des problèmes de Dynamique, mais il apprend à les déduire des conditions de l'équilibre...

. . . . . .

Dans la première Partie de cet Ouvrage, nous avons réduit toute la Statique à une seule formule générale qui donne les lois de l'équilibre d'un système quelconque de

Digitized by Google

corps tiré par tant de forces qu'on voudra. On pourra donc aussi réduire à une formule générale toute la Dynamique ; car, pour appliquer au mouvement d'un système de corps la formule de son équilibre, il suffira d'y introduire les forces qui proviennent des variations du mouvement de chaque corps, et qui doivent être détruites. Le développement de cette formule, en ayant égard aux conditions dépendantes de la nature du système, donnera toutes les équations nécessaires pour la détermination du mouvement de chaque corps, et il n'y aura plus qu'à intégrer ces équations ce qui est l'affaire de l'Analyse.

(*Mécanique analytique*[1]. La Statique, section I ; la Dynamique, id.)

La règle de trois.

Une des opérations les plus importantes de l'Arithmétique est celle qu'on appelle la *règle de trois*, qui consiste toujours à trouver le quatrième terme d'une proportion dont les trois premiers sont donnés.

Dans les livres ordinaires d'Arithmétique, on a beaucoup compliqué cette règle. On l'a divisée en *règles de trois simples, directes, inverses, composées.*

En général, il suffit de bien entendre l'état de la question : la règle de trois s'applique toujours également toutes les fois qu'une quantité augmente ou diminue dans le même rapport qu'une autre ; par exemple, le prix des choses augmente en proportion de la qualité des choses, de sorte que,

1. On lit dans l'avertissement : « On ne trouvera point de Figures dans cet Ouvrage. Les méthodes que j'y expose ne demandent ni construction, ni raisonnements géométriques ou mécaniques, mais seulement des opérations algébriques, assujetties à une marche régulière et uniforme. Ceux qui aiment l'Analyse verront avec plaisir la Mécanique en devenir une nouvelle branche, et me sauront gré d'en avoir étendu ainsi le domaine. »

Digitized by Google

la chose étant double, le prix devient double, et ainsi de suite; de même, le produit du travail augmente en proportion du nombre de personnes employées. Mais il y a des choses qui augmentent à la fois dans deux rapports différents : par exemple, la quantité de travail augmente suivant le nombre de personnes employées, et elle augmente aussi suivant le temps qu'on emploie. Il y a d'autres choses qui diminuent à mesure que d'autres augmentent. Tout cela se réduit à une considération bien simple : c'est que, si une quantité augmente en même temps dans la proportion qu'une ou plusieurs autres quantités augmentent et que d'autres diminuent, c'est la même chose que si l'on disait que la quantité proposée augmente comme le produit des quantités qui augmentent en même temps qu'elle, divisé par le produit de celles qui diminuent en même temps. Ainsi, comme le résultat du travail augmente à mesure qu'il y a plus de travailleurs et qu'ils travaillent plus longtemps, et qu'il diminue à mesure que l'ouvrage est plus difficile, on dira que le travail est proportionnel au nombre des travailleurs, multiplié par le nombre qui mesure le temps, et divisé par le nombre qui mesure ou exprime la difficulté de l'ouvrage.

Cependant il faut faire attention à une chose, c'est que la règle de trois ne peut proprement s'appliquer qu'aux choses qui augmentent toujours dans un rapport constant. Par exemple, on suppose que si un homme fait dans un jour une certaine quantité d'ouvrage, deux hommes en feront le double, trois hommes le triple, quatre le quadruple, etc. Cela pourrait ne pas être; mais, dans la règle de proportion, on le suppose, sans quoi on ne pourrait pas l'employer légitimement.

Quand la loi de l'augmentation ou de la diminution est variable, la règle de trois ne s'applique plus, et les règles ordinaires d'Arithmétique sont en défaut. Il faut alors avoir recours à l'Algèbre.

Digitized by Google

Si, parce qu'un tonneau d'une certaine capacité se vide dans un certain temps, on voulait en conclure qu'un tonneau d'une capacité double emploierait un temps double, on se tromperait, car il se videra dans un temps plus court. La loi de l'écoulement ne suit point une proportion constante, mais une proportion variable, qui diminue à mesure qu'il reste moins de liquide dans le tonneau.

Vous verrez dans la Mécanique que, dans les mouvements uniformes, les espaces parcourus suivent en proportion constante avec le temps. Dans une heure on fait une lieue, dans deux heures on en fera deux; mais une pierre qui tombe ne suivra pas la même proportion, et si, dans la première seconde, elle parcourt 15 pieds, dans la deuxième seconde elle en parcourt 45.

La règle de trois n'est applicable qu'au cas où la proportion est constante. Ce cas a lieu dans la plupart des choses qui sont d'un usage ordinaire. En général, le prix est toujours proportionné à la quantité des choses; de sorte que, si une chose vaut tant, deux choses vaudront le double, trois le triple, quatre le quadruple, etc. Il en est de même du produit du travail, relativement au nombre des travailleurs et à la durée du travail; il y a néanmoins des cas où l'on pourrait aussi se tromper. Si deux chevaux, par exemple, peuvent traîner une masse d'un certain poids, il serait naturel de croire que quatre chevaux traîneraient un poids double, six un poids triple; cependant cela n'est pas à la rigueur, car il faudrait que les quatre chevaux tirassent tous également et de la même manière, ce qui est presque impossible dans la pratique. Il arrive de là que l'on trouve souvent par le calcul des résultats qui s'éloignent de la vérité; mais alors ce n'est pas la faute du calcul, car il rend toujours exactement ce qu'on y a mis. On a supposé la proportion constante; le résultat est fondé sur cette supposition : si elle est fausse, le résultat sera nécessairement faux. Toutes les fois qu'on a voulu accuser le calcul, on

Digitized by Google

n'a fait que rejeter la faute sur celui qui l'avait fait : il avait employé des données fausses ou inexactes, il fallait bien que le résultat le fût aussi.

(*Leçons à l'École Normale en 1795.*)[1]

1. Ces leçons élémentaires, faites par les Lagrange, les Laplace, les Monge, etc., sont admirables de simplicité et de clarté.

Digitized by Google

WILLIAM HERSCHEL

Les satellites d'Uranus.

La grande distance de la Planète de Georges[1] et sa position actuelle dans une partie du Zodiaque qui est encombrée par une multitude de petites étoiles ont rendu particulièrement difficile de savoir si la planète est accompagnée de satellites comme Jupiter et Saturne. Dans la poursuite de cette recherche, ayant fréquemment dirigé de grands télescopes vers cette planète éloignée et ayant été continuellement désappointé, j'attribuai ma déception à la nécessité d'une lumière suffisante dans les instruments dont je me servais; aussi, en attendant un artifice convenable, je remis à plus tard ma recherche.

Au commencement du mois dernier, cependant, je fus souvent surpris, lorsque je passai en revue les nébuleuses que j'avais vues dans une observation précédente, de constater combien elles apparaissaient plus brillantes et avec quelle facilité beaucoup plus grande je les apercevais. La cause ne pouvait être que la quantité de lumière gagnée en abandonnant le petit miroir et en se servant du *Front-view*...

Je n'aurais pas été pardonnable de négliger un pareil avantage lorsque, pour l'objet que j'avais en vue, une augmentation de lumière était d'une si grande importance, et je m'étonnai de ne pas m'y être attaché plus tôt. Le 11 janvier, pendant ma revue générale du ciel, je remarquai un groupe qui allait vers la planète de Georges; et pendant qu'elle traversait le méridien, j'aperçus près de son disque quelques étoiles très faibles dont je notai la position avec grand soin.

Le jour suivant, lorsque la planète revint au méridien, je

1. Premier nom d'Uranus, en l'honneur du Roi d'Angleterre.

Digitized by Google

regardai avec des yeux très attentifs les précédentes petites étoiles et je constatai que deux d'entre elles manquaient. Si je n'avais pas été familiarisé avec les illusions d'optique, j'aurais immédiatement annoncé l'existence d'un ou de plusieurs satellites pour notre nouvelle planète, mais il était indispensable que je n'eusse plus aucun doute. Une légère brume, presque imperceptible, suffit souvent pour rendre imperceptibles les petites étoiles; aussi j'estimai qu'une série d'observations pouvait seule me satisfaire, dans un cas de cette importance. A cette fin, je notai toutes les petites étoiles qui étaient près de la planète les 14, 17, 18 et 24 janvier et aussi les 4 et 5 février et je pensai qu'à la fin de cette période, je ne pourrais douter plus longtemps de l'existence d'un satellite et je pris le parti de différer ma communication jusqu'à ce que j'aie eu l'occasion de voir le satellite en mouvement. En conséquence, je commençai à poursuivre le satellite le 7 février, vers six heures du soir, et je le surveillai jusqu'à trois heures du matin, le 8 février; à ce moment, la position de ma maison interceptant la vue d'une portion de l'écliptique m'obligea à interrompre la chasse. Durant ces neuf heures, je vis ce satellite suivre fidèlement sa planète principale et avancer pendant le même temps dans sa course propre, en décrivant un arc considérable sur son orbite particulier.

Quoique m'occupant principalement du mouvement de ce satellite, je n'oubliai pas de suivre une autre petite étoile que j'étais disposé à considérer comme un satellite, surtout lorsque la nuit du 14 janvier j'eus observé deux petites étoiles qui manquaient le 17 et encore le 24, et qui s'étaient montrées le 18. Mais quoique donnant une grande attention au premier satellite et à la disparition du dernier qui était presque noyé dans les rayons de la planète, je ne pouvais pas m'assurer de son mouvement. Vers le matin, alors que pendant un temps aussi considérable que neuf heures, un changement de place eut pu être mis en évidence, la lune

Digitized by Google

ajoutant sa lumière à celle de la voie lactée, je ne pus pas observer plus longtemps.

Le premier moment qui s'offrit pour continuer ces recherches fut le 9 février quand je vis le satellite que j'avais découvert le premier se tenir à la place où je l'attendais. Je m'aperçus aussi que le satellite supposé ensuite n'était plus dans la position où je l'avais laissé le 7, mais je ne pouvais pas distinguer sûrement s'il avait avancé dans l'orbite, parce que ce jour-là il était dans la même direction que l'autre satellite, mais au maximum. Il est évident ainsi qu'il se meut dans une plus petite orbite et je l'appellerai désormais le premier satellite, quoique le dernier découvert. Je ne peux pas douter les avoir vu tous les deux, pour la première fois, le même jour, qui fut le 11 janvier 1787.

Je dirigeai alors toute mon attention sur le premier satellite, et j'eus l'occasion de le voir pendant trois heures et quart; durant ce temps, il continua sa course aussi loin qu'on peut en juger dans une nuit. L'intervalle que le temps couvert avait accordé, fut trop court pour voir suffisamment son mouvement, aussi je différai mon jugement jusqu'au 10; et pour soumettre ma théorie de ces deux satellites à une épreuve, je fis sur le papier un croquis pour marquer la situation par rapport à la planète et son cercle de déclinaison.

Le soir longtemps attendu arriva enfin, et malgré l'aspect défavorable d'un temps couvert, il y eut enfin éclaircissement. Et les cieux alors découverts montrèrent suivant mon tracé, dans les trois positions prévues, la Planète de Georges accompagnée de ses deux satellites.

J'avoue que cette scène me parut d'une grande beauté, les petites planètes secondaires semblant faire honneur à leur planète principale et rehausser son importance parmi les grands corps de notre système solaire.

(*The discovery of two satellits revolving round the Georgian Planet.*)

Digitized by Google

MONGE

La Descriptive et l'Algèbre.

Ce serait ici le lieu d'indiquer la manière dont se construisent les projections des solides terminés par des plans et des arêtes rectilignes. Mais il n'y a, pour cette opération, aucune règle générale ; on sent en effet que, selon la manière dont la position des sommets des angles d'un solide est définie, la construction de leurs projections peut être plus ou moins facile, et que la nature de l'opération doit dépendre de cette définition. Il en est précisément de cet objet, comme de l'algèbre, dans laquelle il n'y a aucun procédé général, pour mettre un problème en équations. Dans chaque cas particulier, la marche dépend de la manière dont la relation entre les quantités données et celles qui sont inconnues, est exprimée ; et ce n'est que par des exemples variés que l'on peut accoutumer les commençans à saisir les relations et à les écrire par des équations. Il en est de même pour la géométrie descriptive ; ce ne sera que par des exemples nombreux et par l'usage de la règle et du compas, dans nos salles d'exercice, que nous acquerrons l'habitude des constructions, et que nous nous accoutumerons au choix des méthodes les plus simples et les plus élégantes, dans chaque cas particulier. Mais aussi, de même qu'en analyse, lorsqu'un problème est mis en équation, il existe des procédés pour traiter ces équations et pour en déduire les valeurs de chaque inconnue ; de même aussi, dans la géométrie descriptive, il existe des méthodes générales, pour construire tout ce qui résulte de la forme et de la position respectives des corps.

Ce n'est pas sans raison que nous comparons ici la géométrie descriptive à l'algèbre : ces deux sciences ont les

Digitized by Google

rapports les plus intimes. Il n'y a aucune construction de géométrie descriptive qui ne puisse être traduite en analyse ; et lorsque les questions ne comportent pas plus de trois inconnues, chaque opération analytique peut être regardée comme l'écriture d'un spectacle en géométrie.

Il serait à désirer que ces deux sciences fussent cultivées ensemble ; la géométrie descriptive porterait dans les opérations analytiques les plus compliquées, l'évidence, qui est son caractère ; et à son tour, l'analyse porterait dans la géométrie, la généralité qui lui est propre.

(*Géométrie descriptive.*)

La construction des voûtes.

S'il étoit question de voûter un espace circonscrit en projection horizontale par une ellipse, on ne pourroit pas donner à la voûte une surface plus convenable que celle d'une ellipsoïde dont une des ellipses principales coïncideroit avec l'ellipse de la naissance ; et en supposant que cette voûte dût être exécutée en pierres de taille, il faudroit que la division en voussoirs fût opérée au moyen des lignes de courbure dont nous avons donné la construction, et que les joints fussent les surfaces développables normales à la voûte. Les lignes de division en voussoirs traceroient sur la surface des compartiments rectangulaires susceptibles de décoration ; et ces compartiments eux-mêmes n'auroient rien de fantastique, puisqu'ils ne seroient qu'une suite nécessaire de la première donnée, qui est une ellipse ; mais la destination de cet emplacement pourroit influer sur le choix de celui des trois axes qu'il faudrait placer verticalement.

Il n'y auroit aucune raison pour faire l'axe vertical égal à l'un des deux axes horizontaux ; ainsi les trois axes seroient inégaux. Dans cette hypothèse, l'axe vertical pour-

Digitized by Google

roit être plus grand que les deux autres, et alors la voûte seroit surmontée ; il pourroit être plus petit, et la voûte seroit surbaissée : enfin il pourroit être compris entre les deux autres, et la voûte seroit moyenne. La voûte surmontée auroit en général plus de hardiesse et plus de dignité ; et si la naissance était elle-même à une grande hauteur, quelle que fût d'ailleurs la destination de l'emplacement, ce seroit la voûte surmontée qu'il faudroit employer, parce que sa grande élévation faisant paroître ses dimensions verticales plus petites qu'elles ne seroient réellement, écraseroit trop une voûte d'une autre espèce. La voûte surbaissée, en diminuant le volume de l'air compris dans l'emplacement, seroit plus favorable à la voix d'un orateur. Si l'emplacement devoit être éclairé par deux lustres, suspendus à la voûte, il faudroit que cette voûte fût ou surmontée ou surbaissée parce que, dans ces deux cas, sa surface auroit deux ombilics [1], placés symétriquement au-dessus du grand axe de l'ellipse horizontale, et que ces ombilics rendus très apparents par les compartiments qui se distribueroient autour d'eux, seroient les points naturels de suspension : alors, on pourroit disposer du rapport entre les trois axes, pour que ces points fussent espacés d'une manière convenable.

Au contraire, si l'emplacement devoit avoir quatre grandes ouvertures, ou si la voûte devoit être portée par quatre groupes de colonnes, ou enfin si, dans la décoration intérieure, on employoit quatre supports distribués symétriquement, il faudroit choisir la voûte moyenne pour laquelle les quatre ombilics sont toujours dans la naissance, et placer les massifs ou les supports, aux quatre extrémités des axes, parce que c'est aux environs de ces quatre points, et loin des ombilics, que les lignes de cour-

1. Points où les plans tangents sont parallèles à ceux des sections circulaires.

Digitized by Google

bure, rendues apparentes par la décoration de la voûte, et qui d'ailleurs rencontrent toutes verticalement la naissance, s'écartent plus lentement de la ligne de plus grande pente de la surface.

On s'occupe aujourd'hui de la construction de salles pour les deux Conseils de la législature : les emplacements dont on a pu disposer jusqu'à présent pour de semblables salles, ont forcé de donner à l'amphithéâtre moins de profondeur en face de l'orateur que sur les côtés ; mais l'expérience ayant prouvé que la voix se porte à une plus grande distance en face, il paroit que c'est une disposition toute contraire qu'on devroit adopter. De toutes les formes allongées qu'on pourroit donner à l'amphithéâtre, il n'y en a aucune dont la loi soit plus simple et plus gracieuse que l'ellipse : il faudroit donc que la salle fût elliptique, et qu'elle fût couverte par une voûte en ellipsoïde surbaissée.

Le service des assemblées législatives exige un emplacement pour le bureau, en avant duquel est la tribune de l'orateur. En plaçant le bureau à un des sommets de l'ellipse, on pourroit lui consacrer un espace suffisant pour la commodité du service, et l'orateur se trouveroit naturellement placé sous un des ombilics de la voûte : l'amphithéâtre n'occuperoit que la partie qui est en avant. Une galerie qui feroit le tour entier de la salle, et qui seroit assez élevée pour être très distincte de l'amphithéâtre fourniroit des places au public. La salle qui n'auroit ni tribune ni aucune espèce d'irrégularité, pourroit être décorée par des colonnes, à chacune desquelles correspondroit une nervure de la voûte, pliée suivant la ligne de courbure ascendante. Toutes ces nervures verticales à leur naissance, se courberoient autour de l'un ou de l'autre ombilic, pour redescendre ensuite à-plomb sur les colonnes opposées, et elles seroient croisées perpendiculairement par

Digitized by Google

d'autres nervures pliées suivant les lignes de l'autre courbure. Les intervalles de ces nervures pourroient être à jour, soit pour éclairer la salle, soit pour donner des issues à l'air, et formeroient un vitrage moins fantastique que les roses de nos églises gothiques. Enfin deux lustres suspendus aux ombilics, et à la suspension desquels la voûte entière sembleroit concourir, serviroient à éclairer la salle pendant la nuit.

(*Application de l'Analyse à la Géométrie.*)

De l'ombre.

La théorie des ombres est entièrement fondée sur un phénomène que tout le monde connaît, c'est que la lumière se propage en ligne droite. Nous sommes si accoutumés à cette proposition, que toutes les fois qu'on cherche à vérifier si une ligne est droite, on la compare à un rayon de lumière. Veut-on s'assurer qu'une règle est droite, on la compare, dans toute sa longueur, avec le rayon de lumière passant par ses deux extrémités ; cherche-t-on à savoir si une rangée d'arbres est alignée, on se place de manière que le rayon de lumière qui vient d'une extrémité de cette rangée jusqu'à l'œil passe le long des arbres, et si tous sont placés exactement le long de ce rayon, on reconnaît qu'ils sont parfaitement alignés.

Nous admettons donc, comme principe, que la lumière se répand en ligne droite. Il faut cependant observer que cette proposition n'est rigoureusement vraie que quand le milieu dans lequel la lumière se meut est d'une densité uniforme ; mais dans les applications aux arts, que nous avons ici uniquement en vue, on a rarement besoin de considérer les rayons de lumière comme prolongés à une grande distance et traversant des milieux de densités sensiblement

Digitized by Google

différentes : il nous sera donc permis de supposer les milieux uniformes et les rayons de lumière rigoureusement en ligne droite.

Nous distinguerons deux cas : celui où l'espace est éclairé par un point lumineux unique, et celui où il est éclairé par un corps lumineux de dimensions finies ; et nous considérerons d'abord le premier cas.

Le point lumineux lance dans tous les sens des rayons de lumière dont l'ensemble occupe entièrement l'espace, si aucun corps ne s'offre pour les arrêter dans leur direction. Il n'en sera pas de même s'il se trouve un corps opaque, c'est-à-dire qui ne soit pas pénétrable aux rayons de la lumière, qui les arrête ou les réfléchisse en tout ou en partie. Les rayons qui ne le rencontreront pas continueront de se répandre dans l'espace ; mais ceux sur la direction desquels il est placé seront arrêtés, et ne s'étendront pas dans la partie de l'espace qui est au delà, et qui, par l'interposition du corps, sera ainsi privée de lumière.

Concevez une surface conique ayant son sommet au point lumineux et enveloppant le corps opaque, et supposez-la prolongée indéfiniment ; elle sera, au delà du corps opaque, la limite de la partie de l'espace dans laquelle pénètrent les rayons envoyés par le point lumineux et de celle où il ne saurait en arriver aucun. Cette dernière partie, privée de lumière par l'interposition du corps opaque, est ce qu'on appelle l'*ombre* de ce corps ; telle est du moins la définition de ce qu'on entend par le mot *ombre*, lorsqu'en parlant d'une éclipse de lune, par exemple, on dit que la lune entre dans l'ombre de la terre. Le soleil est le corps lumineux duquel les rayons partent et se répandent dans toutes les directions ; la terre est le corps opaque qui intercepte une portion de ces rayons ; et derrière elle, par rapport au soleil, il se trouve une partie de l'espace privée de lumière. Tant que la lune est hors de cette partie, elle est éclairée et renvoie de la lumière, elle est visible ; mais du moment

Digitized by Google

qu'elle y entre, elle ne reçoit plus de lumière, n'en renvoie plus, et devient invisible.

Dans le langage ordinaire toutefois, ce n'est pas là ce qu'on entend le plus souvent par le mot *ombre*, lorsque, par exemple, en se promenant au soleil on remarque que *les ombres sont courtes à midi*. Dans cette acception, l'ombre n'est point l'espace privé de lumière par l'interposition d'un corps qui arrête une partie des rayons lancés par le point lumineux, mais c'est la projection de cet espace sur la surface qui la reçoit ; c'est dans ce dernier sens que nous emploierons habituellement ce mot.

Supposons que le point lumineux soit à une distance infinie, les rayons de lumière qui viendront de là jusqu'à nous seront parallèles entre eux, à peu près comme nous le paraissent ceux du soleil. Dans cette hypothèse, à laquelle nous nous arrêterons d'abord, on peut considérer deux cas, celui dans lequel le corps opaque qui porte ombre est terminé par des surfaces planes, et par conséquent par des arêtes rectilignes et par des sommets d'angles solides, et celui où il est terminé par des surfaces arrondies. Nous commencerons par nous occuper du premier, qui est extrêmement simple.

(*Géométrie descriptive.*)

Le mirage.

Telle est la cause d'un phénomène très-curieux qui est connu des marins sous le nom de *mirage*, et que l'armée française a eu plusieurs fois l'occasion d'observer dans l'expédition d'Égypte. Le terrain de la basse Égypte est une vaste plaine horizontale ; son uniformité n'est interrompue que par quelques éminences sur lesquelles sont situés les villages, qui, par ce moyen, se trouvent à l'abri de l'inondation du Nil. Le soir et le matin, l'aspect du pays est tel que le comportent la disposition réelle des objets et leur

Digitized by Google

éloignement ; mais lorsque la surface du sol s'est échauffée par la présence du soleil, le terrain semble terminé, à une certaine distance, par une inondation générale ; les villages qui se trouvent au delà paraissent comme des îles situées au milieu d'un grand lac. Sous chaque village, on voit son image renversée, comme elle paraîtrait effectivement dans l'eau. A mesure que l'on approche, les limites de cette inondation apparente s'éloignent ; le lac imaginaire qui semblait entourer le village se retire ; enfin il disparaît entièrement, et l'illusion se reproduit pour un autre village plus éloigné. Ainsi, tout concourt à compléter une illusion qui est quelquefois cruelle, surtout dans le désert, parce qu'elle présente vainement l'image de l'eau dans le temps même où l'on en aurait le plus grand besoin.

On observe à peu près la même chose à la mer, dans des temps très calmes. Un navire vu dans le lointain et à l'horizon offre quelquefois deux images, l'une directe, l'autre renversée : celle-ci absolument pareille à l'autre, souvent égale en intensité, en un mot, parfaitement semblable à l'effet de la réflexion dans un miroir. De là est venu le nom de *mirage*, que les marins ont donné à ce phénomène. Comme il est produit par la différence des températures de l'eau et de l'air, il se montre ordinairement dans les changements subits de température, la densité de la mer ne permettant pas à sa surface de partager ces variations aussi vite que l'atmosphère. Mais, d'un autre côté, la température des eaux et l'évaporation qui se fait continuellement à leur surface s'opposent à ce qu'elles prennent une température aussi élevée que la surface sablonneuse d'un terrain aride. Par ces raisons, le phénomène des doubles images se montre plus rarement à la mer, et y dure peu, au lieu qu'il est journalier en Égypte et sur quelques plaines sablonneuses, où les mêmes circonstances se reproduisent presque tous les jours aux mêmes hauteurs du soleil.

(*Météorologie de l'Égypte.*)

Digitized by Google

LAPLACE

Le mouvement diurne.

Si pendant une belle nuit, et dans un lieu dont l'horizon soit à découvert, on suit avec attention le spectacle du ciel, on le voit changer à chaque instant. Les étoiles s'élèvent ou s'abaissent ; quelques-unes commencent à se montrer vers l'orient, d'autres disparaissent vers l'occident ; plusieurs, telles que l'étoile polaire et les étoiles de la grande Ourse, n'atteignent jamais l'horizon dans nos climats. Dans ces mouvements divers, la position respective de tous ces astres reste la même : ils décrivent des cercles d'autant plus petits, qu'ils sont plus près d'un point que l'on conçoit immobile. Ainsi le ciel paraît tourner sur deux points fixes nommés par cette raison *pôles du monde*, et, dans ce mouvement, il emporte le système entier des astres. Le pôle élevé sur notre horizon est le pôle *boréal* ou *septentrional* ; le pôle opposé, que l'on imagine au-dessous de l'horizon, se nomme pôle *austral* ou *méridional*.

Déjà plusieurs questions intéressantes se présentent à résoudre. Que deviennent pendant le jour les astres que nous voyons durant la nuit ? D'où viennent ceux qui commencent à paraître ? Où vont ceux qui disparaissent ? L'examen attentif des phénomènes fournit des réponses simples à ces questions. Le matin, la lumière des étoiles s'affaiblit à mesure que l'aurore augmente ; le soir, elles deviennent plus brillantes à mesure que le crépuscule diminue : ce n'est donc point parce qu'elles cessent de luire, mais parce qu'elles sont effacées par la vive lumière des crépuscules et du soleil, que nous cessons de les apercevoir. L'heureuse invention du télescope nous a mis à portée de vérifier cette explication, en nous faisant voir les étoiles au moment

Digitized by Google

même où le soleil est le plus élevé. Celles qui sont assez près du pôle pour ne jamais atteindre l'horizon sont constamment visibles. Quant aux étoiles qui commencent à se montrer à l'orient pour disparaître à l'occident, il est naturel de penser qu'elles continuent de décrire sous l'horizon le cercle qu'elles ont commencé à parcourir au-dessus, et dont l'horizon nous cache la partie inférieure. Cette vérité devient sensible quand on s'avance vers le nord : les cercles des étoiles situées vers cette partie du monde se dégagent de plus en plus de dessous l'horizon ; ces étoiles cessent enfin de disparaître, tandis que d'autres étoiles situées au midi deviennent pour toujours invisibles. On observe le contraire en avançant vers le midi : des étoiles qui demeuraient constamment sur l'horizon se lèvent et se couchent alternativement, et de nouvelles étoiles, auparavant invisibles, commencent à paraître. La surface de la terre n'est donc pas ce qu'elle nous semble, un plan sur lequel la voûte céleste est appuyée. C'est une illusion que les premiers observateurs ne tardèrent pas à rectifier par des considérations analogues aux précédentes : ils reconnurent bientôt que le ciel enveloppe de tous côtés la terre, et que les étoiles y brillent sans cesse, en décrivant chaque jour leurs différents cercles. On verra dans la suite l'astronomie souvent occupée à corriger de semblables illusions, et à reconnaître les objets réels dans leurs trompeuses apparences.

Pour se former une idée précise du mouvement des astres, on conçoit par le centre de la terre et par les deux pôles du monde un axe autour duquel tourne la sphère céleste. Le grand cercle perpendiculaire à cet axe s'appelle *équateur* ; les petits cercles que les étoiles décrivent parallèlement à l'équateur, en vertu de leur mouvement diurne, se nomment *parallèles*. Le *zénith* d'un observateur est le point du ciel que sa verticale va rencontrer ; le *nadir* est le point directement opposé. Le *méridien* est le grand cercle qui

Digitized by Google

passe par le zénith et les pôles : il partage en deux également l'arc décrit par les étoiles sur l'horizon, et lorsqu'elles l'atteignent, elles sont à leur plus grande ou à leur plus petite hauteur. Enfin, l'*horizon* est le grand cercle perpendiculaire à la verticale, ou parallèle à la surface de l'eau stagnante dans le lieu de l'observateur.

La hauteur du pôle tient le milieu entre la plus grande et la plus petite hauteur des étoiles qui ne se couchent jamais, ce qui donne un moyen facile de la déterminer ; or, en s'avançant directement vers le pôle, on le voit s'élever à fort peu près proportionnellement à l'espace parcouru : la surface de la terre est donc convexe, et sa figure est peu différente d'une sphère. La courbure du globe terrestre est sensible à la surface des mers : le navigateur, en approchant des côtes, aperçoit d'abord leurs points les plus élevés, et découvre ensuite successivement les parties inférieures que lui dérobait la convexité de la terre. C'est encore à raison de cette courbure que le soleil, à son lever, dore le sommet des montagnes avant que d'éclairer les plaines.

(*Exposition du système du monde.*)

La rotation de la terre.

En réfléchissant sur le mouvement diurne auquel tous les corps célestes sont assujettis, on reconnaît évidemment l'existence d'une cause générale qui les entraîne ou qui paraît les entraîner autour de l'axe du monde. Si l'on considère que ces corps sont isolés entre eux, et placés loin de la terre, à des distances très-différentes ; que le soleil et les étoiles en sont beaucoup plus éloignés que la lune, et que les variations des diamètres apparents des planètes indiquent de grands changements dans leurs distances ; enfin, que les comètes traversent librement le ciel dans

Digitized by Google

tous les sens, il sera très-difficile de concevoir qu'une même cause imprime à tous ces corps un mouvement commun de rotation. Mais les astres se présentant à nous de la même manière, soit que le ciel les entraîne autour de la terre supposée immobile, soit que la terre tourne en sens contraire sur elle-même, il paraît beaucoup plus naturel d'admettre ce dernier mouvement, et de regarder celui du ciel comme une apparence.

La terre est un globe dont le rayon n'est pas de sept millions de mètres : le soleil est, comme on l'a vu, incomparablement plus gros. Si son centre coïncidait avec celui de la terre, son volume embrasserait l'orbe de la lune et s'étendrait une fois plus loin, d'où l'on peut juger de son immense grandeur : il est d'ailleurs éloigné de nous d'environ vingt-trois mille rayons terrestres. N'est-il pas infiniment plus simple de supposer au globe que nous habitons un mouvement de rotation sur lui-même, que d'imaginer dans une masse aussi considérable et aussi distante que le soleil le mouvement extrêmement rapide qui lui serait nécessaire pour tourner, en un jour, autour de la terre? Quelle force immense ne faudrait-il pas alors pour le contenir et balancer sa force centrifuge ? Chaque astre présente des difficultés semblables, qui sont toutes levées par la rotation de la terre.

On a vu précédemment que le pôle de l'équateur paraît se mouvoir lentement autour de celui de l'écliptique, et que de là résulte la précession des équinoxes. Si la terre est immobile, le pôle de l'équateur est sans mouvement, puisqu'il répond toujours au même point de la surface terrestre : la sphère céleste se meut donc alors sur les pôles de l'écliptique, et dans ce mouvement elle entraîne tous les astres. Ainsi, le système entier de tant de corps si différents par leurs grandeurs, leurs mouvements et leurs distances, serait encore assujetti à un mouvement général qui disparaît et se réduit à une simple apparence, si l'on

Digitized by Google

suppose l'axe terrestre se mouvoir autour des pôles de l'écliptique.

Entraînés par un mouvement commun à tout ce qui nous environne, nous ressemblons au navigateur que les vents emportent avec son vaisseau sur les mers. Il se croit immobile, et le rivage, les montagnes et tous les objets placés hors du vaisseau lui paraissent se mouvoir. Mais en comparant l'étendue du rivage et des plaines, et la hauteur des montagnes, à la petitesse de son vaisseau, il reconnaît que leur mouvement n'est qu'une apparence produite par son mouvement réel. Les astres nombreux répandus dans l'espace céleste sont à notre égard ce que le rivage et les montagnes sont par rapport au navigateur ; et les mêmes raisons par lesquelles il s'assure de la réalité de son mouvement nous prouvent celui de la terre.

L'analogie vient à l'appui de ces preuves. On a observé des mouvements de rotation dans presque toutes les planètes, et ces mouvements sont dirigés d'occident en orient, comme celui que la révolution diurne des astres semble indiquer dans la terre. Jupiter, beaucoup plus gros qu'elle, se meut sur son axe en moins d'un demi-jour : un observateur à sa surface verrait le ciel tourner autour de lui dans cet intervalle ; ce mouvement du ciel ne serait cependant qu'une apparence. N'est-il pas naturel de penser qu'il en est de même de celui que nous observons sur la terre ? Ce qui confirme d'une manière frappante cette analogie, c'est que la terre, ainsi que Jupiter, est aplatie à ses pôles. On conçoit, en effet, que la force centrifuge, qui tend à écarter toutes les parties d'un corps de son axe de rotation, a dû abaisser la terre aux pôles et l'élever à l'équateur. Cette force doit encore diminuer la pesanteur à l'équateur terrestre, et cette diminution est constatée par les observations du pendule. Tout nous porte donc à penser que la terre a un mouvement de rotation sur elle-même, et que la révolution diurne du ciel n'est qu'une illusion produite par ce mouve-

Digitized by Google

ment, illusion semblable à celle qui nous représente le ciel comme une voûte bleue à laquelle tous les astres sont attachés, et la surface de la terre comme un plan sur lequel il s'appuie. Ainsi l'astronomie s'est élevée à travers les illusions des sens, et ce n'a été qu'après les avoir dissipées par un grand nombre d'observations et de calculs, que l'homme enfin a reconnu les mouvements du globe qu'il habite et sa vraie position dans l'univers.

(*Exposition du système du monde.*)

La pesanteur universelle.

Après avoir exposé, dans les livres précédents, les lois des mouvements célestes et celles de l'action des causes motrices, il reste à les comparer pour reconnaître les forces qui animent les corps du système solaire, et pour s'élever sans hypothèse, et par une suite de raisonnements géométriques, au principe général de la pesanteur dont elles dérivent. C'est dans l'espace céleste que les lois de la mécanique s'observent avec le plus de précision : tant de circonstances en compliquent les résultats sur la terre, qu'il est difficile de les démêler et plus difficile encore de les assujettir au calcul. Mais les corps du système solaire, séparés par d'immenses distances, et soumis à l'action d'une force principale dont il est facile de calculer les effets, ne sont troublés dans leurs mouvements respectifs que par des forces assez petites pour que l'on ait pu embrasser dans des formules générales tous les changements que la suite des temps a produits et doit amener dans ce système. Il ne s'agit point ici de causes vagues, impossibles à soumettre à l'analyse, et que l'imagination modifie à son gré pour expliquer les phénomènes. La loi de la pesanteur universelle a le précieux avantage de pouvoir être réduite au calcul, et d'offrir dans la comparaison de ses résultats aux

Digitized by Google

observations le plus sûr moyen d'en constater l'existence. On verra que cette grande loi de la nature représente tous les phénomènes célestes jusque dans leurs plus petits détails ; qu'il n'y a pas une seule de leurs inégalités qui n'en découle avec une précision admirable, et qu'elle a souvent devancé les observations, en nous dévoilant la cause de plusieurs mouvements singuliers entrevus par les astronomes, mais qui, vu leur complication et leur extrême lenteur, n'auraient pu être déterminés par l'observation seule qu'après un grand nombre de siècles. Par son moyen, l'empirisme a été banni entièrement de l'astronomie, qui maintenant est un grand problème de mécanique, dont les éléments du mouvement des astres, leurs figures et leurs masses sont les arbitraires, seules données indispensables que cette science doive tirer des observations. La plus profonde géométrie a été nécessaire pour la solution de ce problème, et pour en déduire les théories des divers phénomènes que les cieux nous présentent.

(*Exposition du système du monde.*)

Le système du monde.

Arrêtons nos regards sur la disposition du système solaire, et sur ses rapports avec les étoiles. Le globe immense du soleil, foyer principal de ses mouvements divers, tourne en vingt-cinq jours et demi sur lui-même. Sa surface est recouverte d'un océan de matière lumineuse, dont les vives effervescences forment des taches variables, souvent très-nombreuses et quelquefois plus larges que la terre. Au-dessus de cet océan s'élève une vaste atmosphère ; c'est au delà que les planètes avec leurs satellites se meuvent dans des orbes presque circulaires, et sur des plans peu inclinés à l'équateur solaire. D'innombrables comètes, après s'être approchées du soleil, s'en éloignent à des distances qui

Digitized by Google

prouvent que son empire s'étend beaucoup plus loin que les limites du système planétaire. Non-seulement cet astre agit par son attraction sur tous ces globes, en les forçant à se mouvoir autour de lui, mais il répand sur eux sa lumière et sa chaleur. Son action bienfaisante fait éclore les animaux et les plantes qui couvrent la terre, et l'analogie nous porte à croire qu'elle produit de semblables effets sur les planètes ; car il n'est pas naturel de penser que la matière, dont nous voyons la fécondité se développer en tant de façons, est stérile sur une aussi grosse planète que *Jupiter*, qui, comme le globe terrestre, a ses jours, ses nuits et ses années, et sur lequel les observations indiquent des changements qui supposent des forces très-actives. Reportons maintenant nos regards au delà du système solaire, sur ces innombrables soleils répandus dans l'immensité de l'espace, à un éloignement de nous tel, que le diamètre entier de l'orbe terrestre, observé de leur centre, serait insensible. L'analogie porte à croire qu'ils sont les foyers d'autant de systèmes planétaires.

Plusieurs étoiles éprouvent dans leur couleur et dans leur clarté des changements périodiques remarquables ; ils indiquent de grandes taches à leur surface et des mouvements de rotation qui les présentent et les dérobent alternativement à nos yeux. D'autres étoiles ont paru tout à coup, et ont ensuite disparu après avoir brillé pendant plusieurs mois d'une vive lumière. Quels changements prodigieux ont dû s'opérer à la surface de ces grands corps, pour être ainsi sensibles à la distance qui nous en sépare ! Combien ils doivent surpasser ceux que nous observons à la surface du soleil, et nous convaincre que la nature est loin d'être toujours et partout la même ! Tous ces astres, devenus invisibles, n'ont point changé de place durant leur apparition. Il existe donc dans l'espace céleste des corps opaques aussi considérables et peut-être en aussi grand nombre que les étoiles.

Digitized by Google

Il paraît que, loin d'être disséminées à des distances à peu près égales, les étoiles sont rassemblées en divers groupes, dont quelques-uns renferment des milliards de ces astres. C'est encore une suite de l'hypothèse que nous avons proposée sur leur origine. Notre soleil et ses plus brillantes étoiles font probablement partie d'un de ces groupes qui, vus du point où nous sommes, semblent entourer le ciel et forment la voie lactée. Le grand nombre d'étoiles que l'on aperçoit à la fois dans le champ d'un fort télescope dirigé vers cette voie nous prouve son immense profondeur, qui surpasse mille fois celle de *Sirius* à la terre; en sorte qu'il est vraisemblable que les rayons émanés de la plupart de ces étoiles ont employé un grand nombre de siècles à venir jusqu'à nous. La *voie lactée* finirait par offrir à l'observateur qui s'en éloignerait indéfiniment l'apparence d'une lumière blanche et continue d'un petit diamètre; car l'irradiation qui subsiste, même dans les meilleurs télescopes, couvrirait et ferait disparaître l'intervalle des étoiles. Il est donc probable que, parmi les nébuleuses, plusieurs sont des groupes d'un très-grand nombre d'étoiles qui, vues de leur intérieur, paraîtraient semblables à la voie lactée.

Si l'on réfléchit maintenant à cette profusion d'étoiles et de nébuleuses répandues dans l'espace céleste, et aux intervalles immenses qui les séparent, l'imagination, étonnée de la grandeur de l'univers, aura peine à lui concevoir des bornes.

(*Exposition du système du monde.*)

Synthèse et Analyse.

C'est au moyen de la synthèse que Newton a exposé sa théorie du système du monde. Il paraît cependant qu'il avait trouvé la plupart de ses théorèmes par l'analyse, dont

Digitized by Google

il a reculé les limites et à laquelle il convient lui-même qu'il était redevable de ses résultats généraux sur les quadratures. Mais sa prédilection pour la synthèse et sa grande estime pour la géométrie des anciens lui firent traduire sous une forme synthétique ses théorèmes et la méthode même des fluxions... On doit regretter, avec les géomètres de son temps, qu'il n'ait pas suivi, dans l'exposition de ses découvertes, la route par laquelle il y était parvenu, et qu'il ait supprimé les démonstrations de plusieurs résultats, paraissant préférer le plaisir de se faire deviner à celui d'éclairer les lecteurs. La connaissance de la méthode qui a éclairé l'homme de génie n'est pas moins utile aux progrès de la science que ses découvertes...

. . . . . .

La synthèse géométrique a d'ailleurs la propriété de ne jamais perdre de vue son objet, et d'éclairer la route qui conduit des premiers axiomes à leurs dernières conséquences ; au lieu que l'analyse algébrique nous fait bientôt oublier l'objet principal pour nous occuper de combinaisons abstraites, et ce n'est qu'à la fin qu'elle nous y ramène. Mais, en s'isolant ainsi des objets, après en avoir pris ce qui est indispensable pour arriver au résultat que l'on cherche ; en s'abandonnant ensuite aux opérations de l'analyse, et réservant toutes ses forces pour vaincre toutes les difficultés qui se présentent, on est conduit, par la généralité de cette méthode et par l'inestimable avantage de transformer le raisonnement en procédés mécaniques, à des résultats souvent inaccessibles à la synthèse. Telle est la fécondité de l'analyse, qu'il suffit de traduire dans cette langue universelle les vérités particulières pour voir sortir de leurs expressions une foule de vérités nouvelles et inattendues.

Aucune langue n'est autant susceptible de l'élégance qui naît du développement d'une longue suite d'expres-

Digitized by Google

sions enchaînées les unes aux autres et découlant toutes d'une même idée fondamentale. L'analyse réunit encore à ces avantages celui de pouvoir toujours conduire aux méthodes les plus simples ; il ne s'agit pour cela que de l'appliquer d'une manière convenable par un choix heureux des inconnues, et en donnant aux résultats la forme la plus facile à construire géométriquement, ou à réduire en nombres : Newton lui-même en offre beaucoup d'exemples dans son *Arithmétique universelle*.

Cependant les considérations géométriques ne doivent pas être abandonnées ; elles sont de la plus grande utilité dans les arts. D'ailleurs il est curieux de se figurer dans l'espace les divers résultats de l'analyse, et réciproquement de lire toutes les modifications des lignes et des surfaces, et les variations des corps dans les équations qui les expriment. Ce rapprochement de la géométrie et de l'analyse répand un nouveau jour sur ces deux sciences : les opérations intellectuelles de celle-ci, rendues sensibles par les images de la première, sont plus faciles à saisir, plus intéressantes à suivre ; et quand l'observation réalise ces images et transforme les résultats géométriques en lois de la nature ; quand ces lois, en embrassant l'univers, dévoilent à nos yeux ses états passés et à venir, la vue de ce sublime spectacle nous fait éprouver le plus noble des plaisirs réservés à la nature humaine.

(*Système du monde*. T. V, chap. IV.)

Illusions et vaines frayeurs.

L'Astronomie, par la dignité et par la perfection de ses théories, est le plus beau monument de l'esprit humain, le titre le plus noble de son intelligence. Séduit par les illusions des sens et de l'amour-propre, l'homme s'est regardé

Digitized by Google

longtemps comme le centre du mouvement des astres, et son vain orgueil a été puni par les frayeurs qu'ils lui ont inspirées. Enfin plusieurs siècles de travaux ont fait tomber le voile qui cachait à ses yeux le système du monde. Alors il s'est vu sur une planète presque imperceptible dans le système solaire, dont la vaste étendue n'est elle-même qu'un point dans l'immensité de l'espace. Les résultats sublimes auxquels cette découverte l'a conduit, sont bien propres à le consoler du rang qu'elle assigne à la terre ; en lui montrant sa propre grandeur, dans l'extrême petitesse de la base qui lui a servi pour mesurer les cieux. Conservons avec soin, augmentons le dépôt de ces hautes connaissances, les délices des êtres pensants. Elles ont rendu d'importants services à la Navigation et à la Géographie ; mais leur plus grand bienfait est d'avoir dissipé les craintes produites par les phénomènes célestes et détruit les erreurs nées de l'ignorance de nos vrais rapports avec la nature ; erreurs et craintes qui renaîtraient promptement, si le flambeau des sciences venait à s'éteindre.

(*Exposition du système du monde.*)

Les probabilités.

Tous les événements, ceux mêmes qui par leur petitesse, semblent ne pas tenir aux grandes lois de la nature, en sont une suite aussi nécessaire que les révolutions du soleil. Dans l'ignorance des lois qui les unissent au système entier de l'univers, on les a fait dépendre des causes finales, ou du hasard, suivant qu'ils arrivaient ou se succédaient avec régularité, ou sans ordre apparent ; mais ces causes imaginaires ont été successivement reculées avec les bornes de nos connaissances, et disparaissent entièrement devant la saine philosophie, qui ne voit en elles que l'ignorance où nous sommes des véritables causes.

Digitized by Google

Les événements actuels ont avec les précédents une liaison fondée sur le principe évident, qu'une chose ne peut commencer d'être sans une cause qui la produise... La volonté la plus libre ne peut sans un motif déterminant leur donner naissance (aux actions mêmes que l'on juge indifférentes) ; car si toutes les circonstances de deux positions étaient exactement semblables, elle agissait dans l'une et s'abstenait dans l'autre, son choix serait un effet sans cause : elle serait alors, dit Leibniz, le hasard aveugle des épicuriens. L'opinion contraire est une illusion de l'esprit qui perdant de vue, les raisons fugitives du choix de la vérité dans les choses indifférentes, se persuade qu'elle s'est déterminée d'elle même et sans motifs.

Nous devons donc envisager l'état présent de l'univers, comme l'effet de son état antérieur, et comme la cause de celui qui va suivre. Une intelligence qui pour un instant donné, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée, et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était assez vaste pour soumettre ces données à l'analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'univers et ceux du plus léger atome : rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir comme le passé, serait présent à ses yeux [1]. L'esprit humain offre, dans la perfection qu'il a su donner à l'Astronomie, une faible esquisse de cette intelligence. Ses découvertes en Mécanique et en Géométrie, jointes à celle de la pesanteur universelle, l'ont mis à portée de comprendre dans les mêmes expressions analytiques, les états passés et futurs du système du monde.

En appliquant la même méthode à quelques autres objets de ses connaissances, il est parvenu à ramener à des lois générales, les phénomènes observés, et à prévoir ceux que

1. Il s'agit, bien entendu du monde matériel, soumis seul à un déterminisme absolu.

Digitized by Google

des circonstances données doivent faire éclore. Tous ces efforts dans la recherche de la vérité, tendent à le rapprocher sans cesse de l'intelligence que nous venons de concevoir, mais dont il restera toujours infiniment éloigné. Cette tendance propre à l'espèce humaine, est ce qui la rend supérieure aux animaux ; et ses progrès en ce genre, distinguent les nations et les siècles, et font leur véritable gloire.

Rappelons-nous qu'autrefois, et à une époque qui n'est pas encore bien reculée, une pluie ou une sécheresse extrême, une comète traînant après elle une queue fort étendue, les éclipses et généralement tous les phénomènes extraordinaires étaient regardés comme autant de signes de la colère céleste. On invoquait le ciel pour détourner leur funeste influence.

. . . . . .

La régularité que l'Astronomie nous montre dans les mouvements des comètes, a lieu, sans aucun doute, dans tous les phénomènes. La courbe décrite par une simple molécule d'air ou de vapeur est réglée d'une manière aussi certaine que les orbites planétaires : il n'y a de différence entre elles que celle qu'y met notre ignorance.

La probabilité est relative en partie à cette ignorance, en partie à nos connaissances. Nous savons que sur trois ou un plus grand nombre d'événements, un seul doit arriver ; mais rien ne porte à croire que l'un d'eux arrivera plutôt que les autres. Dans cet état d'indécision, il nous est impossible de prononcer avec certitude sur leur arrivée et il est cependant probable qu'un de ces événements pris à volonté, n'arrivera pas ; parce que nous voyons plusieurs cas également possibles qui excluent son existence, tandis qu'un seul la favorise.

La théorie des hasards consiste à réduire tous les événements du même genre, à un certain nombre de cas également possibles, c'est-à-dire, tels que nous soyons également indécis sur leur existence ; et à déterminer le nombre

Digitized by Google

des cas favorables à l'événement dont on cherche la probabilité. Le rapport de ce nombre à tous les cas possibles, est la mesure de cette probabilité qui n'est ainsi qu'une fraction dont le numérateur est le nombre des cas favorables, et dont le dénominateur est le nombre de tous les cas possibles.

(*Essai philosophique sur les probabilités.*)

Digitized by Google

DELAMBRE

Les progrès à faire en mathématiques.

Beaucoup d'ouvrages imprimés hors de France ont pu nous échapper, et principalement ceux qui sont écrits en allemand, idiome avec lequel les savans François sont malheureusement trop peu familiarisés; c'est ce qui fera excuser les omissions involontaires dans lesquelles nous avons pu tomber. Quel que soit l'état des relations politiques entre les Gouvernements, les sciences doivent faire, de ceux qui les cultivent, une république essentiellement en paix, et dont les efforts doivent tendre sans cesse et d'un commun accord, à l'accroissement et à la propagation des lumières.

Si l'intervalle dont nous avons fait l'histoire ne présente pas, ainsi que la fin du dix-septième siècle, de ces découvertes qui, comme l'attraction universelle et les nouveaux calculs, changent la face de la science, il offre ce caractère bien remarquable, celui de la rapidité avec laquelle les connaissances mathématiques, concentrées jusque là dans un petit nombre d'adeptes, sont devenues presque populaires ; et cet avantage est dû à la perfection et à la généralité qu'ont acquises les méthodes qui forment maintenant un tout bien lié, et aux grandes et belles applications que les sciences physico-mathématiques et principalement l'astronomie, ont offertes aux mathématiques pures. D'ailleurs, la multitude de conséquences délicates qui ont été déduites du principe de l'attraction, la difficulté de les obtenir, de prévoir même leur existence, la finesse des moyens que leur développement a exigé des analystes, rendent les derniers progrès presque aussi imposans et plus immédiatement utiles que les premières vérités établies à la fin du dix-

Digitized by Google

septième siècle et au commencement du dix-huitième. Il est juste d'ailleurs de considérer que les grandes découvertes, les principes fondamentaux, sont nécessairement en petit nombre. Préparés par le travail de plusieurs siècles, quand ils sont au degré de maturité qui permet au génie de les recueillir, leur premier effet est d'exciter l'admiration, et le second d'imposer aux générations suivantes des travaux immenses dont l'éclat ne saurait égaler la difficulté.

Il serait difficile et peut-être téméraire d'analyser les chances que l'avenir offre à l'avancement des mathématiques : dans presque toutes les parties, on est arrêté par des difficultés insurmontables ; des perfectionnements de détail semblent la seule chose qui reste à faire ; tous les mouvements qui ne se rapportent pas à de petites oscillations autour d'un état moyen soumis à des lois simples, toutes les déterminations dont on ne connoît pas une première valeur approchée, semblent nous échapper absolument; enfin les conditions du mouvement général des fluides sont expliquées analytiquement, sans qu'on puisse entrevoir comment on en déduira les règles de ce mouvement.

Toutes ces difficultés semblent annoncer que la puissance de notre analyse est à peu près épuisée, comme celle de l'algèbre ordinaire l'était par rapport à la géométrie transcendante au temps de Leibniz et de Newton, et qu'il faudrait des combinaisons qui ouvrent un champ nouveau au calcul des transcendantes et à la résolution des équations qui les contiennent.

L'usage des intégrales définies, indiqué par Euler pour toutes les valeurs de fonctions données par certaines équations différentielles partielles, semble devoir être une source féconde de découvertes, lorsqu'on sera parvenu à établir sur ces intégrales un calcul analogue à celui qu'on a sur les fonctions circulaires et logarithmiques.

Mais malgré les difficultés qui enveloppent ces résultats,

Digitized by Google

le spectacle des progrès de l'analyse et de la mécanique rationnelle depuis Descartes jusqu'à nous, doit autoriser la génération qui s'élève à ne rien voir d'impossible dans ce qui reste à faire, et à redoubler d'efforts pour que le siècle que nous ouvrons ne se termine pas sans ajouter des découvertes importantes à celles dont on vient de voir le tableau.

(*Rapport sur les progrès des sciences mathématiques depuis 1789.*)

La géodésie.

La trigonométrie est, sans contredit, une des plus utiles applications de la géométrie élémentaire : elle est la base de la géodésie, de la géographie, de l'astronomie et de la navigation. Le plus beau monument géodésique était la carte de France de Cassini. Quelques doutes élevés en 1787 sur la position respective des observatoires de Londres et de Paris exigeaient la vérification des points placés entre Dunkerque et Boulogne. Les Anglais, de leur côté, devaient former des triangles nouveaux entre Londres et Douvres, et les deux commissions réunies devaient mesurer de concert les triangles qui traversaient le canal. D'après les progrès des arts et des sciences, on devait s'attendre que les Anglais se piqueraient de surpasser tout ce qui avait été fait en ce genre : ils y réussirent ; le théodolite de Ramsden, les feux indiens qui servaient de signaux, les appareils nouveaux employés à la mesure des bases, donnèrent une exactitude jusqu'alors inouïe. Les Français n'avaient à mesurer que des angles : le cercle répétiteur que Borda venait d'inventer n'était pas d'une forme aussi imposante que le théodolite ; mais il renfermait dans sa construction même un principe qui lui assurait une précision au moins égale et plus indépendante du talent de l'artiste. Les com-

Digitized by Google

missaires français, Cassini, Legendre et Méchain, soutinrent la concurrence.

Cet heureux essai donna l'idée de l'opération sur laquelle on fonda, bientôt après, un nouveau système de mesures : l'unité première devait être le quart du méridien; dans l'impossibilité d'en effectuer la mesure entière, on choisit l'arc le plus étendu que présente aucun continent, celui qui est compris entre Dunkerque et Barcelone. Méchain et Delambre furent chargés de ce travail que les circonstances rendaient si difficile. Leurs opérations, toujours contrariées, longtemps suspendues, commencèrent en 1792 et ne finirent qu'en 1799. Ils mesurèrent en cinq endroits différents la hauteur du pôle et la direction de la méridienne. Leurs triangles s'étendirent de Dunkerque à Barcelone. Delambre, en outre, mesura deux bases de douze mille mètres chacune; et, malgré l'intervalle de sept cent mille qui les sépare, elles s'accordèrent à trois décimètres.

Cette précision, presque incroyable, était due en partie sans doute au soin des observateurs, mais surtout au cercle de Borda, qui, par la multiplication des angles, anéantit les erreurs de division et d'observation; elle était due à la construction ingénieuse des règles métalliques imaginées par le même géomètre, et aux soins qu'il avait donnés à leur vérification.

On connut exactement dix degrés du méridien: Méchain avait entrevu la possibilité d'y ajouter deux degrés nouveaux, en conduisant ses triangles jusqu'aux Baléares. L'exécution de ce projet, qui depuis lui coûta la vie, vient d'être reprise par deux jeunes astronomes pleins de talents et de courage (MM. Biot et Arago), qui la continuent en ce moment et la termineront cet hiver.

La perte de Méchain, si vivement sentie par tous les savants, laissa son collègue seul chargé de tous les calculs et de la rédaction de l'ouvrage qui devait contenir toutes les pièces justificatives. Il a mis ses soins à publier les obser-

Digitized by Google

vations avec la plus grande fidélité, à exposer toutes les formules de réduction, à les démontrer d'une matière élémentaire. M. Legendre avait donné des méthodes nouvelles, un théorème extrêmement curieux, pour ramener aux triangles rectilignes les triangles très-peu courbes que l'on forme à la surface de la terre. Il a depuis démontré que ce même théorème s'applique aux triangles sphéroïdiques. Ses nouvelles formules, et celles de Delambre pour tous ces mêmes problèmes, font la base de l'instruction publiée par le dépôt général de la guerre. Elles ont été adoptées par l'astronome Svanberg, qui, en 1802, a mesuré de nouveau le degré de Suède ; elles ont changé la face de cette partie, plus importante que difficile, de nos connaissances.

Ces grandes opérations ont répandu en Europe le goût de la géodésie : la France leur doit la carte de ses nouveaux départements ; l'Angleterre, celle de ses provinces méridionales ; l'Allemagne, plusieurs contrées levées en partie par les ingénieurs français ; la Suisse, la description de plusieurs de ses cantons. L'usage du cercle répétiteur s'est étendu dans tout le continent ; et l'on peut espérer que dans peu toute la surface de l'Europe sera couverte de triangles, et les souverains connaîtront leurs États mieux que les particuliers ne connaissent leurs propriétés.

(*Rapport sur les progrès des sciences mathématiques.*)

Une géodésie troublée.

... Au moment où nous nous disposions à partir, un détachement de la garde nationale de Lagni vient visiter le château : on nous reconnaît, on se rappelle que nous avions voulu placer un signal à Montjeai ; on nous enlève, on nous entraîne à travers champs par une pluie affreuse. Nous arrivons à Lagni à minuit ; je montre notre proclamation et l'ordre particulier du district de Meaux. Ces pièces étaient

Digitized by Google

sans réplique. La municipalité, pour notre propre sûreté sans doute, nous consigne à l'auberge de l'Ours, avec deux fusiliers qui doivent veiller toute la nuit à notre porte ; nous obtenons seulement la permission d'envoyer un exprès à Meaux le lendemain matin : la réponse arrive le même jour, et l'on nous rend la liberté. L'ordre des opérations nous appelait à Saint-Martin du Tertre : la route fut difficile ; à chaque pas nous étions arrêtés. Toutes les municipalités étaient en séance permanente ; il fallait y comparaître. On discutait devant nous s'il était prudent de nous laisser passer, et s'il ne valait pas mieux s'assurer de nos personnes. Plusieurs scènes du même genre, qui s'étaient succédé dans la même matinée, nous faisaient voir l'impossibilité d'aller plus loin avec des passeports et des ordres émanés d'une autorité qui n'était plus. M. Lefrançais se chargea d'aller à Paris en solliciter de nouveaux. Je ne voulais pas y rentrer moi-même, prévoyant bien qu'on me dirait unanimement qu'il fallait remettre à des temps plus tranquilles, et je pensais que l'opération une fois suspendue, on ne trouverait de longtemps des circonstances qui parussent favorables pour la reprendre. Arrivés à Saint-Denys, j'y fais viser mes passeports et j'obtiens un arrêté du district ; mais en me le remettant le procureur-syndic m'avertit qu'avec ce secours je n'irai pas à un quart de lieue. En effet, une demi-heure après, en passant par Epinai, nous nous voyons arrêtés. On trouve que nos instruments ne sont pas désignés assez clairement ; on veut les saisir : on exige que je les étale sur le terrain et que j'en explique l'usage. Personne n'entend la démonstration que j'en fais, et il faut la recommencer pour chaque curieux qui survient. Vainement je veux mettre dans mes intérêts deux arpenteurs qui se trouvent présents, en leur prouvant l'affinité de mes opérations avec celles dont ils font profession ; ils voient trop à la disposition des esprits qu'ils tâcheraient inutilement de parler en notre faveur : ils n'osent donner

Digitized by Google

de conclusion. Après trois heures de débats on nous force à remonter dans nos voitures que la garde armée accompagne. On nous mène à Saint-Denys. La place était remplie de volontaires qui attendaient des armes pour aller à la défense des frontières. On nous fait traverser cette foule, en l'excitant contre nous par les qualités sous lesquelles on nous annonce. Je demande à être conduit au district, qui le matin même avait pris un arrêté en notre faveur. Pendant que nous y sommes, on fait sur la place la visite de nos voitures : on y trouve des lettres cachetées adressées à toutes les administrations des départements que traverse la méridienne. On veut rompre les cachets ; la garde nationale de Saint-Denys s'y oppose, en alléguant un décret de l'Assemblée constituante. Des cris se font entendre ; on demande le procureur-syndic et moi. Nous descendons sans trop savoir ce qu'on nous veut. En descendant, le procureur-syndic me montre un endroit où je puis me cacher, et me conseille d'y attendre quelques instants et de tâcher ensuite de m'évader s'il tarde à reparaître. Il revient m'annoncer que le danger n'est pas imminent. On avait besoin de moi pour rompre les cachets. On fait publiquement lecture de mes lettres... On avait déjà lu six de ces lettres ; on voulait les entendre toutes. Le lecteur épuisé demande grâce. Je propose qu'on prenne une lettre au hasard parmi toutes celles qui étaient intactes ; je réponds sur ma tête que toutes se ressemblent, et je demande qu'on s'en tienne à cette dernière épreuve, si elle est conforme à celle que j'annonce. La proposition est acceptée : mais, après l'examen des lettres, on commence celui des instruments : on les étale sur la place, et me voilà forcé de recommencer le cours de géodésie dont j'avais donné les premières leçons à Epinai. On ne m'écoute pas plus favorablement. Le jour commençait à tomber ; on n'y voyait presque plus. L'auditoire était très nombreux ; les premiers rangs entendaient sans comprendre ; les autres, plus éloignés, entendaient moins et ne

Digitized by Google

voyaient rien. L'impatience et les murmures commençaient; quelques voix proposaient un de ces moyens expéditifs si fort en usage dans ces temps, et qui tranchaient toutes les difficultés, mettaient fin à tous les doutes.

(*Base du système métrique décimal.* Discours préliminaire. En collaboration avec Méchain [1].)

1. Méchain, astronome français (1744-1805).

Digitized by Google

LEGENDRE

La théorie des nombres.

... L'ouvrage de Diophante d'Alexandrie, le plus ancien auteur d'Algèbre que l'on connaisse, est entièrement consacré aux nombres, et renferme des questions difficiles résolues avec beaucoup d'adresse et de sagacité.

Depuis Diophante jusqu'au temps de Viète et de Bachet, les mathématiciens continuèrent de s'occuper des nombres, mais sans beaucoup de succès, et sans faire avancer sensiblement la science.

Viète, en ajoutant de nouveaux degrés de perfection à l'Algèbre, résolut plusieurs problèmes difficiles sur les nombres; Bachet, dans son ouvrage intitulé : *Problèmes plaisants et délectables*, résolut l'équation indéterminée du premier degré par une méthode générale et fort ingénieuse. On doit à ce même savant un excellent commentaire sur Diophante, qui fut depuis enrichi des notes marginales de Fermat.

Fermat, l'un des géomètres dont les travaux contribuèrent le plus à accélérer la découverte des nouveaux calculs, cultiva avec un grand succès la science des nombres, et s'y fraya des routes nouvelles. On a de lui un grand nombre de théorèmes intéressants, mais il les a laissés presque tous sans démonstration. C'était l'esprit du temps de se proposer des problèmes les uns aux autres. On cachait le plus souvent sa méthode, afin de se réserver des triomphes nouveaux tant pour soi que pour sa nation...

Depuis Fermat jusqu'à Euler, les géomètres livrés entièrement à la découverte ou à l'application des nouveaux calculs, ne s'occupèrent point de la Théorie des nombres. Euler, le premier, s'attacha à cette partie... Il est à croire

Digitized by Google

aussi qu'il avait un goût particulier pour ce genre de recherches, et qu'il s'y livrait avec une espèce de passion, comme il arrive à presque tous ceux qui s'en occupent... .

Enfin Lagrange est entré aussi dans la même carrière, et ses premiers pas ont été signalés par des succès égaux à ceux qu'il avait déjà obtenus dans des recherches d'un genre plus sublime.

. . . . . .

(J'ai traité) la théorie des nombres avec plus d'étendue qu'on ne l'a fait jusqu'à présent, et en y comprenant le résultat des principales recherches d'Euler et de Lagrange sur la même matière.

... je donne mon livre non comme un traité complet, mais simplement comme un essai qui fera connaître à peu près l'état actuel de la science, et qui contribuera peut-être à en accélérer les progrès.

(*Théorie des nombres.* Préface.)

Les fonctions elliptiques.

Après avoir épuisé les formules différentielles qui s'intègrent, tant algébriquement que par arcs de cercle ou par logarithmes, les Géomètres s'occupèrent de rechercher toutes celles qui sont intégrables par les arcs d'ellipse ou par les arcs d'hyperbole. On avait lieu de croire que ces transcendantes tenaient le premier rang après les fonctions circulaires et logarithmiques, et il importait au progrès des nouveaux calculs, de ramener à un point de difficulté bien connu, toutes les intégrales qui étaient susceptibles de cette réduction.

Les formules qu'on peut intégrer par cette voie se trouvèrent très nombreuses; mais il n'y avait point de liaison entre les résultats, et ils étaient loin de former une théorie.

Digitized by Google

LEGENDRE

Digitized by Google

Digitized by Google

Un Géomètre italien [1], d'une grande sagacité, ouvrit la porte à des spéculations plus profondes. Il prouva que sur toute ellipse ou sur toute hyperbole donnée, on peut assigner, d'une infinité de manières, deux arcs dont la différence soit égale à une quantité algébrique...

Euler, par une combinaison qu'on peut regarder comme fort heureuse, quoique ces hasards n'arrivent jamais qu'à ceux qui savent les faire naître, trouva l'intégrale algébrique complète d'une équation différentielle composée de deux termes séparés, mais semblables, dont aucun n'est intégrable que par des arcs de sections coniques...

L'importante découverte d'Euler lui donna lieu de comparer d'une manière plus générale qu'on ne l'avait fait avant lui, non seulement tous les arcs d'une même ellipse ou d'une même hyperbole, mais en général toutes les transcendantes comprises dans la formule $\int \frac{P dx}{R}$, où P est une fonction rationnelle de x, et R un radical du second degré portant sur un polynome du quatrième.

L'intégrale trouvée par Euler était trop remarquable pour ne pas fixer particulièrement l'attention des Géomètres. Lagrange voulut faire rentrer cette intégration dans les procédés ordinaires de l'Analyse. Il y réussit par une méthode fort ingénieuse, dont l'application s'élève graduellement des transcendantes inférieures aux transcendantes eulériennes...

(*Traité des fonctions elliptiques.*)

---

1. Fagnano (1690-1766).

Digitized by Google

LAZARE CARNOT

La géométrie de position.

La plupart des questions traitées dans cet ouvrage appartiennent à la géométrie élémentaire ; mais quand on pense que c'est cette géométrie qui fut si féconde entre les mains des Archimède, des Hipparque, des Apollonius ; que c'est la seule qui fut connue des Neper, des Viète, des Fermat, des Descartes, des Galilée, des Pascal, des Huyghens ; que les Newton, les Halley[1], la cultivèrent avec une sorte de prédilection, on peut croire que cette géométrie a ses avantages. En effet, on convient assez généralement aujourd'hui, que la principale utilité des sciences exactes, poussées au delà de ce qu'il y a de plus usuel pour la pratique des arts, est d'accoutumer l'esprit à la réflexion, à la justesse et à l'enchaînement des idées. Or cet objet est, par excellence, celui de la géométrie des anciens. Car si cette géométrie est dite élémentaire quant au sujet dont elle s'occupe, elle ne l'est nullement quant à la difficulté ; et, sous ce rapport, elle ne le cède point aux spéculations analytiques.

. . . . . .

La Géométrie de position a pour objet de rechercher spécialement la connexion qui existe entre les positions respectives des diverses parties d'une figure proposée, et leurs valeurs comparatives.

Il existe entre les diverses parties de toute figure géométrique, deux sortes de rapports : savoir, les rapports de grandeur et les rapports de position. Les premiers sont ceux qui ont lieu entre les valeurs absolues des quantités :

1. Astronome anglais (1656-1742).

Digitized by Google

les autres sont ceux qui expriment leurs situations respectives, en indiquant si tel point est situé au-dessus ou au-dessous de telle droite, à droite ou à gauche de tel plan, au dedans ou en dehors de telle circonférence, ou de telle surface courbe, etc. Or, l'objet que je me propose particulièrement ici, est de rapprocher et de comparer ces deux manières d'envisager les rapports des quantités géométriques.

(*Géométrie de position.*)

Les places fortes.

De semblables points d'appui ne sont pas même inutiles au plus fort, parce que les autres puissances pourraient à son insçu former des coalitions contre lui, l'attaquer à l'improviste, ou profiter de quelque trouble intérieur dans ses États, les susciter même, pour y empêcher les levées, et l'organisation exacte qu'exige toute force armée, quelque nombreuse qu'elle soit.

L'expérience a prouvé qu'un cordon régulier de places fortes, distribuées convenablement sur les frontières, était le plus sûr moyen de prévenir les crises et de préserver les États, de ces grandes et subites révolutions qui les bouleversèrent si souvent autrefois, et qui bouleversent encore aujourd'hui les pays qui sont entièrement dénués de fortifications ; que c'est par elles, qu'on est dispensé d'avoir continuellement sur pied d'innombrables armées, pour garder toutes les avenues du territoire ; qu'elles empêchent les peuples civilisés de devenir la proie des barbares, et le sort des nations d'être compromis par le mauvais succès d'une bataille ; qu'elles maîtrisent jusqu'à un certain point les hasards, assurent la possession des passages importants, des ports, des entrepôts de subsistance, des grands établissements de commerce ; qu'elles préviennent une multitude de guerres, par la série des difficultés qu'elles

Digitized by Google

laissent entrevoir aux conquérants, et les ressources qu'elles offrent à l'opprimé ; qu'en un mot, suivant l'expression de Montecuculli, ce sont *les ancres sacrées qui sauvent les États*.

Ce n'est pas qu'on ne puisse abuser des places fortes, comme on abuse des meilleures choses ; mais leur institution n'en est pas moins bonne et utile, l'abus facile à éviter, et leurs inconvénients généralement bien au-dessous des avantages qu'elles peuvent procurer. Ce sont les armes défensives des puissances, comme les boucliers le sont des individus : les boucliers ne blessent point, ils ne font que parer les coups. Les places fortes sont de même essentiellement conservatrices, et seules sous ce rapport, parmi les grands instruments de guerre, elles semblent être justifiées aux yeux de l'humanité.

Mais pour que les places fortes puissent produire les heureux effets qu'on a le droit d'en attendre, il faut qu'elles soient inexpugnables à l'aide de leur garnison, ou que du moins elles puissent être assez longuement défendues, pour ôter aux ennemis l'envie de les attaquer. Il faut aussi qu'elles n'inspirent point une fausse confiance, en laissant penser qu'elles peuvent se défendre d'elles-mêmes. Il faut enfin qu'elles n'affaiblissent point l'esprit militaire, qui doit toujours être puissamment maintenu dans chaque pays, pour que ce pays ne devienne pas le jouet des puissances étrangères, et pour qu'il soit dispensé d'être injuste ou astucieux envers elles.

Si les places n'étaient pas susceptibles d'une longue défense, elles ne rempliraient pas leur objet ; car elles ne donneraient pas à celui qui serait attaqué le temps de réunir ses propres forces ou celles de ses alliés contre les agresseurs. La place tomberait entre les mains de celui-ci, augmenterait sa force comparative, et produirait par conséquent, l'effet diamétralement opposé à l'équilibre qu'il s'agit de maintenir.

Digitized by Google

Il faut savoir maintenant, si les places telles qu'elles existent, telles que nous savons les défendre dans l'état actuel des choses, remplissent cette condition fondamentale.

(*De la défense des places fortes.* Discours préliminaire.)

Le calcul infinitésimal.

Il n'est aucune découverte qui ait produit dans les Sciences mathématiques une révolution aussi heureuse et aussi prompte que celle de l'Analyse infinitésimale; aucune n'a fourni des moyens plus simples ni plus efficaces pour pénétrer dans la connaissance des lois de la nature. En décomposant, pour ainsi dire, les corps jusque dans leurs éléments, elle semble en avoir indiqué la structure intérieure et l'organisation ; mais, comme tout ce qui est extrême échappe aux sens et à l'imagination, on n'a jamais pu se former qu'une idée imparfaite de ces éléments, espèce d'êtres singuliers, qui tantôt jouent le rôle de véritables quantités, tantôt doivent être traités comme absolument nuls et semblent par leurs propriétés équivoques, tenir le milieu entre la grandeur et le zéro, entre l'existence et le néant [1].

Heureusement cette difficulté n'a pas nui au progrès de la découverte : il est certaines idées primitives qui laissent toujours quelque nuage dans l'esprit, mais dont les premières conséquences, une fois tirées, ouvrent un champ vaste et facile à parcourir. Telle a paru celle de l'infini, et plusieurs géomètres en ont fait le plus heureux usage, qui n'en avaient peut-être pas approfondi la notion; cependant

1. Carnot précise et rectifie la notion *d'infiniment petit*, dans une note que nous reproduisons à la page suivante.

Digitized by Google

les philosophes n'ont pu se contenter d'une idée si vague : ils ont voulu remonter aux principes, mais ils se sont trouvés eux-mêmes divisés dans leurs opinions, ou plutôt dans leur manière d'envisager les objets.

. . . . . .

Je parle ici conformément aux idées vagues qu'on se fait communément des quantités dites *infinitésimales*, lorsqu'on n'a pas pris la peine d'en examiner la nature ; mais, dans le vrai, rien n'est plus simple que l'exacte notion de ces sortes de quantités. Qu'est-ce, en effet, qu'une quantité dite *infiniment petite* en Mathématiques ? Rien autre qu'*une quantité que l'on peut rendre aussi petite que l'on veut, sans qu'on soit obligé pour cela de faire varier celles dont on cherche la relation*.

Quelles sont dans une courbe, par exemple, les quantités dont on veut obtenir la relation ? Ce sont, indépendamment des paramètres, les coordonnées, les normales, sous-tangentes, rayons de courbure, etc. Eh bien, les dx et dy sont des quantités infiniment petites non parce qu'on les regarde en effet comme très petites, ce qui est fort indifférent, mais parce qu'on les considère comme pouvant devenir encore plus petites, quelque petites qu'on les ait supposées d'abord, sans qu'on soit obligé de rien changer à la valeur des autres quantités dont nous venons de parler, et qui sont celles dont on cherche la relation.

Or il suit de cette seule définition que toute quantité infiniment petite peut se négliger dans le cours du calcul, vis-à-vis de ces mêmes quantités dont on cherche la relation, sans que le résultat du calcul puisse en aucune manière s'en trouver affecté.

En effet, en négligeant, par exemple, dans le cours du calcul dx ou dy, par comparaison à l'une quelconque des quantités dont on cherche la relation, comme x ou y, l'erreur que l'on commet est aussi petite que l'on veut, puisqu'on est toujours maître de rendre dx et dy aussi petites

Digitized by Google

qu'on le veut. Donc, si le résultat demeurait affecté de cette erreur, on pourrait y atténuer cette même erreur autant qu'on le voudrait en diminuant de plus en plus les valeurs de dx et de dy; donc ce résultat contiendrait nécessairement dx ou dy, ou quelques-unes de leurs fonctions, ce qui n'est pas, comme on le sait, et ce qui ne saurait être puisque ces quantités ne font point partie de celles dont on veut obtenir la relation : elles n'entrent dans le calcul que comme auxiliaires, et ce calcul n'est regardé comme fini que du moment où ces auxiliaires sont toutes éliminées. C'est donc dans cette double propriété, 1° de pouvoir toujours être rendues aussi petites qu'on le veut, 2° de pouvoir l'être sans qu'on soit obligé de changer en même temps la valeur des quantités dont on veut trouver la relation, que consiste le véritable caractère des quantités infimiment petites. C'est faute d'avoir fait attention à la seconde de ces propriétés qu'on a laissé si longtemps sans réponse directe et satisfaisante les objections captieuses qui ont été si souvent renouvelées contre l'exactitude de la méthode leibnizienne, car ce n'est pas répondre directement que de se borner à faire voir dans chaque cas particulier la conformité des résultats de cette méthode avec ceux des autres méthodes rigoureuses, telle que celle d'exhaustion, celle des limites, ou l'Algèbre ordinaire : c'est éluder la difficulté et rejeter, pour ainsi dire, parmi les méthodes secondaires celle qui doit tenir le premier rang, autant pour la rigueur même de sa doctrine, qui sous ce rapport ne le cède à aucune autre, que par la simplicité de sa marche, par où elle l'emporte incontestablement sur tous les autres procédés connus jusqu'à ce jour.

(*Réflexions sur la Métaphysique du Calcul infinitésimal.* Chap. I.)

Digitized by Google

JOSEPH FOURIER

Les mathématiques et la nature.

L'étude approfondie de la nature est la source la plus féconde des découvertes mathématiques. Non seulement cette étude, en offrant aux recherches un but déterminé, a l'avantage d'exclure les questions vagues et les calculs sans issue : elle est encore un moyen assuré de former l'Analyse elle-même, et d'en découvrir les éléments qu'il nous importe le plus de connaître, et que cette science doit toujours conserver : ces éléments fondamentaux sont ceux qui se reproduisent dans tous les effets naturels.

On voit, par exemple, qu'une même expression, dont les géomètres avaient considéré les propriétés abstraites et qui, sous ce rapport, appartient à l'Analyse générale, représente aussi le mouvement de la lumière dans l'atmosphère, qu'elle détermine les lois de la diffusion de la chaleur dans la matière solide, et qu'elle entre dans toutes les questions principales de la Théorie des probabilités.

Les équations analytiques, ignorées des anciens géomètres, que Descartes a introduites le premier dans l'étude des courbes et des surfaces, ne sont pas restreintes aux propriétés des figures et à celles qui sont l'objet de la Mécanique rationnelle ; elles s'étendent à tous les phénomènes généraux. Il ne peut y avoir de langage plus universel et plus simple, plus exempt d'erreurs et d'obscurités, c'est-à-dire plus digne d'exprimer les rapports invariables des êtres naturels.

Considérée sous ce point de vue, l'Analyse mathématique est aussi étendue que la nature elle-même; elle définit tous les rapports sensibles, mesure les temps, les espaces, les forces, les températures ; cette science difficile se forme

Digitized by Google

JOSEPH FOURIER

Digitized by Google

Digitized by Google

avec lenteur, mais elle conserve les principes qu'elle a une fois acquis ; elle s'accroît et s'affermit sans cesse, au milieu de tant de variations et d'erreurs de l'esprit humain.

Son attribut principal est la clarté ; elle n'a point de signes pour exprimer les notions confuses. Elle rapproche les phénomènes les plus divers et découvre les analogies secrètes qui les unissent. Si la matière nous échappe, comme celle de l'air et de la lumière, par son extrême ténuité, si les corps sont placés loin de nous, dans l'immensité de l'espace, si l'homme veut connaître le spectacle des cieux pour des époques successives que séparent un grand nombre de siècles, si les actions de la gravité et de la chaleur s'exercent dans l'intérieur du globe solide à des profondeurs qui seront toujours inaccessibles, l'Analyse peut encore saisir les lois de ces phénomènes. Elle nous les rend présents et mesurables, et semble être une faculté de la raison humaine destinée à suppléer à la brièveté de la vie et à l'imperfection des sens ; et, ce qui est plus remarquable encore, elle suit la même marche dans l'étude de tous les phénomènes ; elle les interprète par le même langage, comme pour attester l'unité et la simplicité du plan de l'univers, et rendre encore plus manifeste cet ordre immuable qui préside à toutes les causes naturelles.

(*Théorie analytique de la chaleur.* Discours préliminaire.)

La théorie de la chaleur.

1

Les effets de la chaleur sont assujettis à des lois constantes qu'on ne peut découvrir sans le secours de l'Analyse mathématique. La Théorie que nous allons exposer a pour objet de démontrer ces lois ; elle réduit toutes les recherches physiques sur la propagation de la chaleur à des questions de Calcul intégral dont les éléments sont donnés

Digitized by Google

par l'expérience. Aucun sujet n'a de rapports plus étendus avec les progrès de l'industrie et ceux des sciences naturelles ; car l'action de la chaleur est toujours présente ; elle pénètre tous les corps et les espaces ; elle influe sur les procédés des arts et concourt à tous les phénomènes de l'univers.

Lorsque la chaleur est inégalement distribuée entre les différents points d'une masse solide, elle tend à se mettre en équilibre et passe lentement des parties plus échauffées dans celles qui le sont le moins ; en même temps elle se dissipe par la surface et se perd dans le milieu ou dans le vide. Cette tendance à une distribution uniforme et à une émission spontanée qui s'opère à la surface des corps change continuellement la température des différents points. La question de la propagation de la chaleur consiste à déterminer quelle est la température de chaque point d'un corps à un instant donné, en supposant que les températures initiales sont connues. Les exemples suivants feront connaître plus clairement la nature de ces questions.

2

Si l'on expose à l'action durable et uniforme d'un foyer de chaleur une même partie d'un anneau métallique d'un grand diamètre, les molécules les plus voisines du foyer s'échaufferont les premières et, après un certain temps, chaque point du solide aura acquis presque entièrement la plus haute température à laquelle il puisse parvenir. Cette limite ou maximum de température n'est pas la même pour les différents points ; elle est d'autant moindre qu'ils sont plus éloignés de celui où le foyer est immédiatement appliqué.

Lorsque les températures sont devenues permanentes, le foyer transmet, à chaque instant, une quantité de chaleur qui compense exactement celle qui se dissipe par tous les points de la surface extérieure de l'anneau.

Digitized by Google

Si maintenant on supprime le foyer, la chaleur continuera de se propager dans l'intérieur du solide ; mais celle qui se perd dans le milieu ou dans le vide ne sera plus compensée comme auparavant par le produit du foyer, en sorte que toutes les températures varieront et diminueront sans cesse, jusqu'à ce qu'elles soient devenues égales à celle du milieu environnant.

3

Pendant que les températures sont permanentes et que le foyer subsiste, si l'on élève, en chaque point de la circonférence moyenne de l'anneau, une ordonnée perpendiculaire au plan de l'anneau et dont la longueur soit proportionnelle à la température fixe de ce point, la ligne courbe qui passerait par les extrémités de ces ordonnées représentera l'état permanent des températures, et il est très facile de déterminer par le calcul la nature de cette ligne. Il faut remarquer que l'on suppose à l'anneau une épaisseur assez petite pour que tous les points d'une même section perpendiculaire à la surface moyenne aient des températures sensiblement égales. Lorsqu'on aura enlevé le foyer, la ligne qui termine les ordonnées proportionnelles aux températures des différents points changera continuellement de forme. La question consiste à exprimer par une équation la forme variable de cette courbe, et à comprendre ainsi dans une seule formule tous les états successifs du solide.

(*Idem.* Introduction.)

La Mécanique avant Lagrange.

On trouve dans les écrits des Grecs le germe des théories mécaniques que nous possédons aujourd'hui. Archimède appliqua la Géométrie à la Statique, et même la Statique à la Géométrie ; il trouva de cette manière la première qua-

Digitized by Google

drature d'une aire curviligne. Ses découvertes en Mécanique servent encore de fondement à cette science.

Les plus anciens Traités qui uons soient parvenus sur la Mécanique rationnelle sont ceux d'Aristote ; ils ont été loués sans mesure par ses commentateurs, et depuis négligés sans examen. Ce philosophe paraît avoir connu les principes les plus importants de la Mécanique. Il expose en termes précis, celui de la composition des mouvements ; il a même eu quelque idée de la manière dont les forces centrales agissent dans les mouvements en ligne courbe. Son explication physique de la cause de l'équilibre des poids inégaux dans le levier est ingénieuse, quoique imparfaite. Il rapporte à cette première machine : le tour, les moufles, les roues dentées, le coin, etc. ; ailleurs, il enseigne que les forces sont égales lorsque les masses sont réciproquement proportionnelles aux vitesses. Voilà ce qu'il me semble avoir reconnu dans ses Traités, à travers mille obscurités et une foule d'idées singulières, ou qui paraissent aujourd'hui incohérentes. On peut ajouter que ses écrits offrent les premières vues sur le *principe des vitesses virtuelles* [1].

Galilée et Descartes eurent depuis quelque connaissance de cette vérité. Jean Bernoulli, qui en est, à proprement parler, l'inventeur, l'annonça au commencement du siècle sans en publier de démonstration. Cette découverte fut communiquée à Varignon dans le temps qu'il composait sa nouvelle *Mécanique* ; il parvint à prouver le théorème dans plusieurs cas particuliers ; mais cette énumération, nécessairement incomplète, ne l'a point conduit à la démonstration générale. Depuis, la Mécanique a été rapidement perfectionnée : cette science n'a plus aujourd'hui de

1. Les forces qui sollicitent un corps, étant supposées se faire équilibre, le moment total des forces est nul pour chacun des déplacements qui satisfont aux équations de condition.

Digitized by Google

difficultés qui lui soient propres, et, considérée dans ses rapports les plus étendus, elle se réduit à une question de calcul. Ce résultat, un des plus beaux que l'on ait obtenus dans les sciences exactes, est l'objet de la *Mécanique analytique*. L'auteur de ce grand Ouvrage [1] a vu, dans la proposition longtemps stérile de Bernoulli, une vérité primordiale dont les conséquences les plus fécondes découlent sans exception et sans effort.

(*Journal de l'École Polytechnique*. Année 1798.)

L'Institut d'Égypte.

... Celui qui la dirigea (l'expédition d'Égypte) ne bornait point ses vues à punir les oppresseurs de notre commerce ; il donna au projet de cette conquête une élévation et une grandeur nouvelles, et lui imprima le caractère de son propre génie. Il apprécia l'influence que cet évènement devait avoir sur les relations de l'Europe avec l'Orient et l'intérieur de l'Afrique, sur la navigation de la Méditerranée et le sort de l'Asie. Il s'était proposé d'abolir la tyrannie des Mamlouks, d'étendre les irrigations et les cultures, d'ouvrir une communication constante entre la Méditerranée et le golfe Arabique, de former des établissements de commerce, d'offrir à l'Orient l'utile exemple de l'industrie européenne, afin de rendre la condition des habitants plus douce, et leur procurer tous les avantages d'une civilisation perfectionnée.

On ne pouvait atteindre ce but sans l'application continuelle des sciences et des arts : c'est dans ce dessein que le chef de l'expédition résolut de fonder en Égypte une institution destinée au progrès de toutes les connaissances utiles. Il désigna, dans la capitale de la France, ceux qui

1. Lagrange.

Digitized by Google

devaient concourir à ses vues, et consolida par les témoignages d'une bienveillance protectrice cette alliance inaccoutumée de la littérature et des armes. Il confia le soin de former ce nouvel établissement à deux membres illustres de l'ancienne Académie des Sciences [1], qui avaient depuis longtemps, honoré et servi leur patrie par des découvertes éclatantes, et dont les travaux et le génie ont beaucoup contribué à donner à la nation française une prééminence utile et glorieuse dans les sciences géométriques et physiques.

L'Académie du Kaire se proposait comme celles de l'Europe de cultiver les sciences et les arts et d'en rechercher toutes les applications utiles. On devait s'attacher principalement à distinguer les avantages propres à l'Égypte, et les moyens de les obtenir ; il était donc nécessaire d'observer avec beaucoup de soin le pays qui allait être soumis à une administration nouvelle : tels furent les motifs qui portèrent à entreprendre les recherches dont on publie aujourd'hui les résultats.

. . . . . .

Les résultats de ces différentes recherches sur l'histoire naturelle et la géographie de l'Égypte, sur ses antiquités et son état moderne, ont été réunis dans un seul ouvrage.

(*Description de l'Égypte.* Préface historique.)

Les satellites de Jupiter.

Les astres qui accompagnent Jupiter sont les premiers corps célestes que le télescope nous ait fait découvrir ; ils disparaissent lorsqu'ils pénètrent dans l'ombre de la planète. Ces phénomènes, entièrement semblables aux éclipses lunaires, se reproduisent beaucoup plus fréquemment,

1. Monge et Berthollet.

Digitized by Google

puisqu'un seul de ces satellites est éclipsé quatre fois dans l'intervalle de sept jours. Galilée qui contempla le premier ces phénomènes (1610), jugea aussitôt que ce genre d'observations servirait à perfectionner les connaissances géographiques. En effet, lorsque le cours des satellites fut connu et réduit en tables assez exactes, on rectifia une multitude d'erreurs énormes dans la détermination des longitudes, et surtout vers la partie orientale de l'ancien continent. A la vérité, plusieurs causes concourent à limiter l'usage et la précision de cette méthode ; mais elle n'en est pas moins une source précieuse de découvertes, et l'on regardera toujours comme une des plus heureuses conséquences des inventions modernes, que ces astres si longtemps ignorés et qui semblaient devoir toujours échapper à nos sens, offrent aujourd'hui au navigateur, dans les atterrages, le moyen le plus facile de reconnaître les positions respectives des lieux du globe où il est parvenu.

Ce n'est pas le seul résultat digne d'admiration que présente le monde de Jupiter ; il n'y a peut-être aucune partie du ciel dont le spectacle soit le plus propre à intéresser l'esprit. C'est l'observation attentive des éclipses des satellites qui nous a appris que l'action de la lumière n'est pas instantanée, et nous a donné la mesure précise du temps qu'elle emploie pour se propager depuis le soleil jusqu'à nous, découverte capitale faite par Roëmer [1] à l'observatoire de Paris, et qu'une autre théorie a pleinement confirmée.

Le système formé de Jupiter et de ses quatre satellites est un monde distinct, et dont les révolutions rapides nous représentent celles qui doivent s'accomplir dans le système général du soleil et des planètes. Ainsi, l'étude des inégalités des satellites abrège en quelque sorte les temps astronomiques ; elle nous rend sensibles des phénomènes qui ne

1. Astronome danois (1644-1710).

Digitized by Google

se développent dans le système planétaire qu'après une suite immense de siècles.

Les trois premiers satellites de Jupiter sont assujettis, par leur action mutuelle et par celle de la planète, à deux lois très remarquables, non moins simples, non moins constantes que celles de Képler. Leur mouvement et leur situation ont une dépendance réciproque, telle que la position de deux de ces astres étant connue, celle du troisième est par là-même déterminée ; et il en résulte, par exemple, qu'ils ne pourront jamais être éclipsés tous les trois à la fois. M. de Laplace avait découvert ces lois, en démontrant qu'elles sont des conséquences nécessaires de l'action mutuelle des satellites, et que la même cause tend perpétuellement à les maintenir. Toutes les observations ont offert des preuves subsistantes de la vérité de ces lois.

(*Éloge de Delambre.*)

Digitized by Google

GAUSS

Les fonctions circulaires.

Parmi les accroissements importants dont les travaux modernes ont enrichi les Mathématiques, les fonctions circulaires tiennent sans doute le premier rang. Cette étonnante espèce de quantités, à laquelle nous sommes conduits à chaque instant dans les recherches qui y sont tout à fait étrangères, et du secours desquelles ne peut se passer aucune des parties des Mathématiques, a occupé avec tant d'assiduité la pénétration des plus grands géomètres, et ils en ont fait une théorie si vaste, qu'on ne pouvait guère s'attendre qu'une partie de cette théorie, partie élémentaire et pour ainsi dire placée à l'entrée, pût recevoir des accroissements considérables. Je parle de la théorie des fonctions trigonométriques, qui répondent aux arcs commensurables avec la circonférence, ou de la théorie des polygones réguliers, dont on ne connaît jusqu'à présent que la plus petite partie, ainsi qu'on le verra par cette section.

Au reste, les principes de la théorie que nous entreprenons d'exposer s'étendent bien plus loin que nous ne le faisons voir ici ; ils peuvent en effet s'appliquer non seulement aux fonctions circulaires, mais aussi à beaucoup d'autres transcendantes... Nous avons cru ne devoir considérer ici que les fonctions circulaires, et même, quoique nous puissions les embrasser dans toute leur généralité, nous les réduirons au cas le plus simple.

. . . . . .

Il y a certainement lieu de s'étonner que la divisibilité du cercle en 3 et 5 parties, ayant été connue du temps d'Euclide, on n'ait rien ajouté à ces découvertes dans un

Digitized by Google

intervalle de deux mille ans, et que tous les géomètres aient annoncé comme certain, qu'excepté ces divisions et celles qui s'en déduisent, on ne pouvait en effectuer aucune par des constructions géométriques [1].

(*Disquisitiones arithmeticæ*. Traduction de POULLET-DELISLE.)

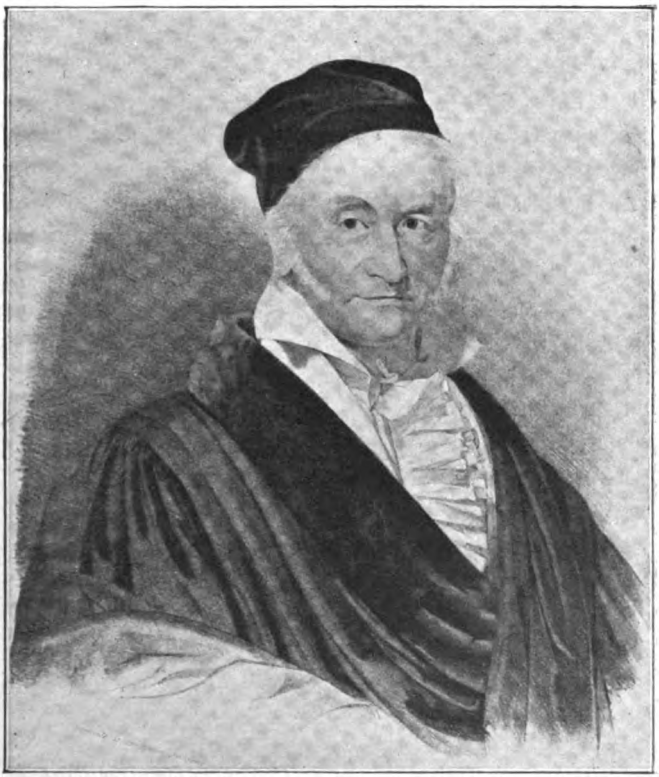
La détermination des orbites célestes.

Sept éléments sont exigés pour la connaissance complète du mouvement d'un corps céleste dans son orbite, nombre qui peut être diminué d'un, si la masse du corps céleste est connue ou négligée; on peut à peine éviter de négliger la masse dans la détermination d'une orbite entièrement inconnue, où il conviendrait d'écarter, pour un moment, toutes les quantités de l'ordre des perturbations, jusqu'à ce que les masses aient été connues d'autre part. C'est pourquoi, la masse du corps céleste étant négligée dans la présente recherche, nous réduisons à six le nombre des éléments, et il est alors évident que, pour la détermination de l'orbite inconnue, il est nécessaire d'avoir un même nombre de quantités de fonctions des éléments, mais indépendantes l'une de l'autre. Ces quantités ne peuvent être que les positions du corps céleste observé de la Terre ; et comme chacune de ces positions fournit deux quantités, à savoir la longitude et la latitude ou l'ascension droite et la déclinaison, il sera certainement le plus simple d'adopter *trois lieux géométriques*, qui, en général, suffiront à la détermination des six éléments inconnus. Ce problème doit être considéré comme le plus important de cet ouvrage...

Mais dans le cas spécial où le plan de l'orbite coïncide

1. Gauss a découvert l'inscription, avec la règle et le compas, du polygone régulier de 17 côtés, et, plus généralement, de $2^n + 1$ côtés, lorsque $2^n + 1$ est un nombre premier.

Digitized by Google



GAUSS

Digitized by Google

Digitized by Google

avec l'écliptique, et par suite où toutes les latitudes, soit héliocentriques, soit géocentriques, s'évanouissent naturellement, il ne sera plus permis de considérer les trois latitudes géocentriques nulles, comme trois quantités données indépendantes l'une de l'autre; ce problème resterait alors indéterminé, et l'on pourrait satisfaire aux trois lieux géocentriques par un grand nombre d'orbites. C'est pourquoi, dans un pareil cas, il faudra nécessairement que quatre longitudes soient données pour qu'on puisse déterminer les quatre autres éléments (l'inclinaison de l'orbite et la longitude des nœuds étant écartées). Mais quoique, par un principe qu'on ne saurait discerner, on ne puisse pas s'attendre qu'un tel cas puisse jamais s'offrir dans la nature des choses; néanmoins, on présumera facilement que le problème qui, pour une orbite coïncidant entièrement avec le plan de l'écliptique, devient absolument indéterminé, doit, à cause de la précision limitée des observations, rester presque indéterminée, *dans une orbite très peu inclinée sur l'écliptique,* où même de légères erreurs d'observations doivent altérer entièrement la valeur des inconnues. C'est pourquoi, afin d'examiner aussi ce cas, il sera nécessaire de choisir six autres données; dans ce but, nous montrerons... comment déterminer une orbite inconnue au moyen de quatre observations dont deux complètes, mais les deux autres incomplètes, les latitudes ou les déclinaisons manquant.

Enfin, puisque toutes nos observations, en raison de l'imperfection des instruments et de nos sens, ne sont que des approximations de la vérité, l'orbite établie seulement par les six données absolument nécessaires, pourra encore être sujette à des erreurs considérables. Afin de les affaiblir autant qu'il est réellement possible de le faire, et pour que nous puissions atteindre toute la précision possible, on n'aura pas d'autre moyen que d'amasser le plus grand nombre d'observations parfaites, et de perfectionner

Digitized by Google

les éléments de telle sorte, non pas qu'ils satisfassent à celles-ci ou à celles-là avec une précision absolue, mais qu'ils s'accordent le mieux possible avec toutes les observations. Nous ferons voir... de quelle manière on peut obtenir, d'après les règles du calcul des probabilités, un pareil accord, sinon absolu nulle part, du moins partout le plus étroit possible.

De cette manière donc, la détermination des orbites, en tant que les corps célestes s'y meuvent suivant les lois de Képler, sera portée à toute la perfection qui peut être désirée. On pourra alors enfin réellement entreprendre un dernier perfectionnement en tenant compte des perturbations que les autres planètes produisent dans le mouvement.

(*Théorie du mouvement des corps célestes parcourant des sections coniques autour du Soleil*. Livre II. Traduction de E. Dubois.)

Les erreurs de mesure.

1. — Quelque soin que l'on apporte aux observations qui concernent la mesure des grandeurs physiques, elles sont forcément soumises à des erreurs plus ou moins considérables. Ces erreurs, dans le plus grand nombre des cas, ne sont pas simples, mais découlent à la fois de plusieurs sources distinctes, qu'il est bon de distinguer en deux classes.

Certaines causes d'erreurs dépendent, pour chaque observation, de circonstances variables et indépendantes du résultat que l'on obtient : les erreurs qui en proviennent sont nommées *irrégulières* ou *fortuites*, et, de même que les circonstances qui les produisent, leur valeur n'est pas susceptible d'être soumise au calcul. Telles sont les erreurs qui naissent de l'imperfection de nos organes et toutes

Digitized by Google

celles qui sont dues à des causes extérieures irrégulières, comme, par exemple, les trépidations de l'air qui rendent la vision moins nette; quelques-unes des erreurs dues à l'imperfection inévitable des meilleurs instruments appartiennent à la même catégorie. Nous citerons, par exemple, la rugosité de la partie intérieure du niveau, le défaut de rigidité absolue, etc.

Il existe au contraire d'autres causes qui, dans toutes les observations de même nature, produisent une erreur identique, ou dépendant de circonstances essentiellement liées au résultat de l'observation. Nous appellerons les erreurs de cette catégorie, des erreurs *constantes* ou *régulières*.

Il est du reste évident que cette distinction est jusqu'à un certain point relative et dépend du sens plus ou moins large que l'on veut attacher à l'idée d'observations de *même nature*. Par exemple, si l'on répète indéfiniment la mesure d'un même angle, les erreurs provenant d'une division imparfaite du limbe appartiendront à la classe des erreurs constantes. Si, au contraire, on mesure plusieurs angles différents, les erreurs dues à l'imperfection de la division seront regardées comme fortuites tant que l'on n'aura pas formé la table des erreurs relatives à chaque division.

2. — Nous excluons de nos recherches la considération des erreurs régulières. C'est à l'observateur qu'il appartient de rechercher avec soin les causes qui peuvent produire une erreur constante, pour les écarter s'il est possible, ou tout au moins apprécier leur effet, afin de le corriger sur chaque observation, qui donnera alors le même résultat que si la cause constante n'avait pas existé. Il en est tout autrement des erreurs irrégulières : celles-là, par leur nature, se refusent à tout calcul. On peut cependant, par une combinaison habile des résultats, réduire autant que possible leur influence. C'est à cette question importante que sont consacrées les recherches suivantes.

Digitized by Google

3. — Les erreurs qui, dans les observations de même espèce, proviennent d'une cause simple et déterminée se trouvent renfermées entre certaines limites que l'on pourrait sans aucun doute assigner, si la nature de cette cause était elle-même *parfaitement* connue. Dans la plupart des cas, toutes les erreurs comprises entre ces limites extrêmes doivent être regardées comme possibles. Une connaissance approfondie de chaque cause apprendrait si toutes ces erreurs ont une facilité égale ou inégale, et, dans le second cas, quelle est la probabilité relative de chacune d'elles. La même remarque s'applique à l'erreur totale qui provient de la réunion de plusieurs erreurs simples. Cette erreur sera, elle aussi, renfermée entre deux limites dont l'une sera la somme des limites supérieures, l'autre celle des limites inférieures, correspondant aux erreurs simples. Toutes les erreurs comprises entre ces limites seront possibles, et chacune pourra résulter, d'une infinité de manières, de valeurs convenables attribuées aux erreurs partielles. On comprend néanmoins, en écartant les difficultés purement analytiques, qu'il y a possibilité d'apprécier la probabilité plus ou moins grande de ce résultat, si l'on suppose connues les probabilités relatives à chacune des causes simples.

Certaines causes pourtant produisent des erreurs qui ne peuvent pas varier suivant une loi continue, mais qui, au contraire, sont susceptibles d'un nombre fini de valeurs : nous pouvons citer, comme exemple, les erreurs qui proviennent de la division imparfaite des instruments (si toutefois on veut les classer parmi les erreurs fortuites), car le nombre des divisions, dans un instrument donné, est essentiellement fini. Il est clair néanmoins que, si toutes les causes qui concourent à produire l'erreur totale ne sont pas dans ce cas, leur somme formera une série soumise à la loi de continuité, ou, tout au moins, plusieurs séries distinctes, s'il arrive qu'en plaçant par ordre de grandeur toutes les

Digitized by Google

valeurs possibles des erreurs discontinues, la différence entre deux termes consécutifs de la série soit moindre que la différence entre les limites extrêmes des erreurs soumises à la loi de continuité. Dans la pratique, un pareil cas ne se présentera presque jamais ; il supposerait des défauts trop grossiers dans la construction de l'instrument.

(*Méthode des moindres carrés.* Traduction de M. J. BERTRAND.)

Digitized by Google

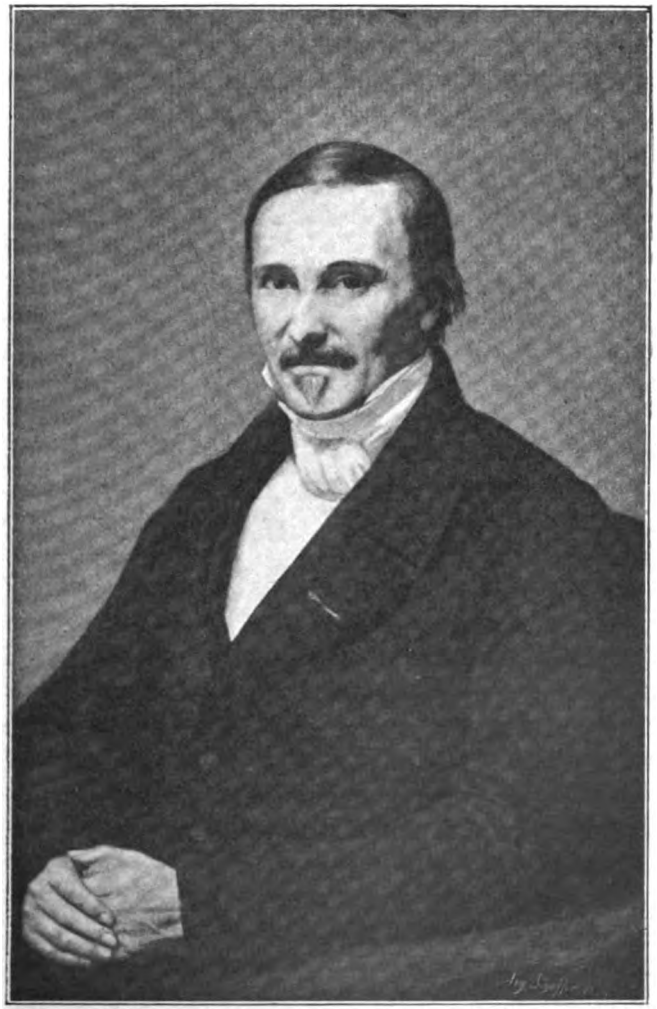
PONCELET

Le principe de continuité en géométrie.

L'Algèbre emploie des signes abstraits, elle représente les grandeurs absolues par des caractères qui n'ont aucune valeur par eux-mêmes et qui laissent à ces grandeurs toute l'indétermination possible ; par suite elle opère et raisonne forcément sur les signes de non-existence comme sur des quantités toujours absolues, toujours réelles : a et b, par exemple, représentant deux quantités quelconques, il est impossible, dans le cours des calculs, de se rappeler quel est l'ordre de leurs grandeurs numériques ; l'on est, malgré soi, entraîné à raisonner sur les expressions $a - b$, $\sqrt{a - b}$, etc., comme si c'étaient des quantités toujours absolues et réelles. Le résultat doit donc lui-même participer de cette généralité, et s'étendre à tous les cas possibles, à toutes les valeurs des lettres qui y entrent ; de là aussi ces formes extraordinaires, ces êtres de raison, qui semblent l'apanage exclusif de l'Algèbre.

Or on est conduit à toutes ces conséquences, non seulement quand on emploie les signes et les notations de l'Algèbre, mais aussi toutes les fois qu'en raisonnant sur des grandeurs quelconques on fait abstraction de leurs valeurs numériques et absolues ; en un mot, toutes les fois qu'on emploie le raisonnement sur des grandeurs *indéterminées*, c'est-à-dire le *raisonnement* purement *implicite*. C'est ce qui arrive, en particulier, dans la Géométrie, lorsque la figure se complique, ou que les rapports qui en lient les parties se multiplient, parce qu'il n'est plus alors possible de discerner, au simple coup d'œil, l'ordre de grandeur et de situation de ces parties. C'est encore ce qui a lieu quand certaines de ces parties sont l'objet d'une recherche faite sur la figure, ou

Digitized by Google



PONCELET

Digitized by Google

Digitized by Google

qu'on les suppose inconnues à la fois de grandeur et de situation ; et voilà pourquoi aussi la marche des Anciens, qu'ils nommaient *analytique*, et à laquelle ils attachaient une si grande importance, n'était point tout à fait dépourvue de cette généralité, de cette force qui appartient à l'Algèbre. Enfin, et c'est surtout ce qui arrive quand on fait abstraction de la figure et qu'on se dispense de la décrire ; de là, et principalement de là, cette généralité de conceptions et cette grande extension de la Géométrie qui considère les objets dans l'espace ; de là du moins provient la facilité avec laquelle les géomètres ont transporté les notions abstraites et figurées, d'abord manifestées par le calcul algébrique, dans le domaine de cette Géométrie.

Dans la Géométrie ordinaire, qu'on nomme la *Synthèse*, les principes sont tout autres, la marche est plus timide ou plus sévère ; la figure est décrite, jamais on ne la perd de vue, toujours on raisonne sur des grandeurs, des formes réelles et existantes, et jamais on ne tire de conséquences qui ne puissent se peindre, à l'imagination ou à la vue, par des objets sensibles ; on s'arrête dès que ces objets cessent d'avoir une existence positive et absolue, une existence physique. La rigueur est même poussée jusqu'au point de ne pas admettre les conséquences d'un raisonnement, établi dans une certaine disposition générale des objets de la figure, pour une autre disposition également générale de ces objets, et qui aurait toute l'analogie possible avec la première ; en un mot, dans cette Géométrie restreinte, on est forcé de reprendre toute la série des raisonnements primitifs, dès l'instant où une ligne, un point ont passé de la droite à la gauche d'un autre, etc.

Or voilà précisément ce qui en fait la faiblesse ..

Considérons une figure quelconque, dans une position générale et en quelque sorte indéterminée, parmi toutes celles qu'elle peut prendre sans violer les lois, les conditions, la liaison qui subsistent entre les diverses parties du

Digitized by Google

système ; supposons que, d'après ces données, on ait trouvé une ou plusieurs relations ou propriétés, soit *métriques*, soit *descriptives*, appartenant à la figure, en s'appuyant sur le raisonnement explicite ordinaire, c'est-à-dire par cette marche que, dans certains cas, on regarde comme seule rigoureuse. N'est-il pas évident que si, en conservant ces mêmes données, on vient à faire varier la figure primitive par degrés insensibles, ou qu'on imprime à certaines parties de cette figure un mouvement continu d'ailleurs quelconque, n'est-il pas évident que les propriétés et les relations, trouvées pour le premier système, demeurent applicables aux états successifs de ce système...?

(*Traité des propriétés projectives.* Introduction.)

Les mathématiques retrouvées.

A l'exemple d'un célèbre romancier contemporain,... j'aurais pu intituler cet ouvrage, purement mathématique, *Mémoires d'outre-tombe* ; c'est, en effet, le fruit des méditations d'un jeune lieutenant du génie, laissé pour mort sur le funeste champ de bataille de Krasnoï, non loin de Smolensk, et longtemps rayé des cadres de l'armée. Là, dans cette horrible retraite de Moscou, sept mille Français, épuisés par la faim, le froid et la fatigue, sous les ordres de l'infortuné maréchal Ney, vinrent, privés de toute artillerie, le 18 mai 1812, livrer un furieux, sanglant et dernier combat, aux vingt-cinq mille soldats, frais et dispos, aux quarante bouches à feu du feld-maréchal prince Milivadowitch...

. . . . . .

Quant aux ressources matérielles dont l'Auteur a pu disposer pendant les deux années presque entières de cette triste captivité, il suffira de dire qu'il avait été complètement dépouillé de ses effets les plus indispensables sur le

Digitized by Google

champ de bataille de Krasnoï, d'où il n'est sorti vivant que par une faveur spéciale de Dieu, au milieu de ses chefs, de ses camarades tués ou atteints de blessures, toutes mortelles dans ce pernicieux climat. Sans vouloir apitoyer le lecteur sur les misères et les périls de cette situation, on lui permettra d'ajouter que ce ne fut pas sans des luttes faciles à deviner, que vêtu des lambeaux d'un uniforme français, mangeant le pain noir des paysans russes, il parcourut à pied les longues étapes qui séparent Krasnoï de Saratoff ; plaines silencieuses et glacées où, dans ce fatal et exceptionnel hiver de 1812, se faisaient souvent sentir des froids par lesquels le mercure du thermomètre se solidifiait !

On lui pardonnera encore d'ajouter que, parvenu en mars 1813 sur les rives de cet immense Volga, non loin des steppes désertes du gouvernement d'Orenbourg, grâce à l'énergie physique et morale dont la nature l'avait heureusement doué à vingt-quatre ans, énergie qui avait manqué à beaucoup d'autres, il paya cependant son tribut à tant de rudes épreuves, à tant de souffrances, et tomba malade en atteignant le but, c'est-à-dire en arrivant dans la ville alors peu hospitalière de Saratoff. Là, comme on le concevra facilement encore, il ne trouva ni secours matériels, ni ressources morales ou scientifiques, et lorsque, sous la bienfaisante influence du splendide soleil d'avril, il recouvra quelques forces et voulut se distraire par le travail de l'esprit, il dut refaire péniblement, et pour ainsi dire un à un, les éléments indispensables aux études mathématiques, privé qu'il était de tout livre, de tout instrument de précision, difficiles à se procurer dans cette ville de Saratoff, d'ailleurs dépourvue alors de bibliothèques scientifiques. On ne doit donc pas s'attendre à rencontrer ici comme le reflet ou l'écho lointain des profonds travaux analytiques des Euler, des Bernoulli, des Huyghens, des Newton, des d'Alembert, etc., ni même des travaux plus récents des Lagrange, des Legendre, des

Digitized by Google

Laplace, des Monge et de leurs disciples, travaux qui n'avaient laissé aucune trace dans sa mémoire au milieu des périls et des angoisses d'un aussi malheureux début dans la carrière des armes.

. . . . . .

..... il fut conduit à reprendre, une à une, les matières de ses anciennes études mathématiques (arithmétique, algèbre, géométrie, trigonométrie, etc.), propres à servir d'appui solide aux recherches, aujourd'hui d'ailleurs si simples en apparence, qu'il se proposait d'entreprendre dans son triste exil.

(*Applications d'analyse et de géométrie.* Préface du premier tome.)

Digitized by Google

CAUCHY

Dépouillement du scrutin électoral.

En 1841, M. Thoyé, employé à la Banque de France, après avoir imaginé une méthode propre à simplifier notablement le calcul des escomptes des effets admis chaque jour, crut devoir composer un Mémoire à ce sujet, et présenter son travail à l'Académie des Sciences. Une Commission fut nommée pour l'examen du Mémoire de M. Thoyé. Le Rapport que l'un de nous fit au nom de cette Commission proposa l'approbation du Mémoire, et les conclusions du Rapport furent adoptées. Le Rapport indiquait d'ailleurs une simplification nouvelle que l'on pouvait apporter aux calculs de M. Thoyé. Depuis cette époque, la Banque de France peut chaque jour se rendre compte de sa situation financière, et le travail long et pénible qu'exigeait autrefois la vérification du calcul des escomptes journellement admis devient une opération non seulement praticable, mais facile, et qui se termine en moins d'une demi-heure.

Aujourd'hui ce n'est plus de la Banque de France qu'il s'agit, c'est de la France elle-même. A la vérité, le problème à résoudre est toujours de rendre praticable et facile une grande opération arithmétique. Mais cette opération est devenue colossale, et, au lieu d'intéresser seulement la fortune de quelques citoyens, elle intéresse au plus haut degré tout l'avenir de notre patrie. Il importe à tous que l'on trouve les moyens d'affaiblir et d'annuler, s'il est possible, l'influence que les erreurs involontaires, si difficiles à éviter dans un travail de cette espèce, pourraient exercer sur les élections. Il importe à tous les agents du pouvoir, ainsi qu'à tous les citoyens qui seront appelés soit à faire le dépouillement et le recensement des votes, soit à rédiger et

Digitized by Google

à transmettre aux chefs-lieux de département des procès-verbaux destinés à constater les résultats de ces opérations, qu'aucun d'eux ne puisse être considéré comme étant devenu involontairement la cause de quelques incertitudes.

Pour éviter ce grave inconvénient, deux conditions sont nécessaires :

1° Il est nécessaire que l'opération électorale, qui naturellement serait très compliquée, devienne très simple et d'une exécution facile. Car ici la simplicité, la facilité d'exécution est une condition indispensable d'exactitude ;

2° Il est indispensable que l'opération électorale, comme toutes les opérations arithmétiques, comme toutes les opérations de banque et de commerce, comme toutes celles qui intéressent la fortune des citoyens et le trésor public, porte sa preuve avec elle. Les soins que l'on se donne, les procédés auxquels on a recours pour assurer l'exactitude de ces diverses opérations, ne sauraient être négligés lorsqu'il s'agit de constater l'élection des représentants appelés par leurs concitoyens à régler les destinées de la France.

. . . . . .

Les listes de candidats déposées dans l'urne électorale par les électeurs seront de deux espèces :

Certaines listes particulières et *individuelles* seront déposées par des électeurs dont chacun sera seul de son avis et n'aura pris conseil que de lui-même. Mais ces listes seront évidemment peu nombreuses, eu égard au nombre total des votants, et elles auront pour effet unique de disséminer les votes sur un grand nombre de candidats, dont la plupart n'auront aucune chance de succès. D'autres listes auront sur les élections une influence marquée et décisive : ce seront les listes *collectives* déposées dans l'urne, non par des individus isolés, mais par des électeurs qui, jaloux de faire un acte sérieux et de ne point perdre leurs voix, se seront

Digitized by Google

concertés entre eux pour porter leurs suffrages sur les mêmes candidats.

Pour réduire à une grande simplicité l'opération si laborieuse du dépouillement, il suffirait de la partager en deux autres qui se rapporteraient, l'une aux listes individuelles, l'autre aux listes collectives.

Le dépouillement des listes individuelles s'exécuterait tout naturellement dans les formes ordinaires. Les résultats de ce dépouillement, dans chaque salle d'élection, seraient constatés par des procès-verbaux qui feraient connaître le nombre des voix acquises à chaque candidat sur les listes individuelles.

Quant aux listes collectives, il ne serait nullement nécessaire d'en faire le dépouillement. Il suffirait que chacune de ces listes, étant ou autographiée, ou lithographiée, ou imprimée, portât en tête, avec le mot *liste collective*, un nombre de cinq chiffres pris au hasard, ce qui permettrait de reconnaître, à mesure qu'ils se présenteraient dans le dépouillement du scrutin, les divers exemplaires d'une même liste. Des numéros d'ordre attribués aux diverses listes indiqueraient l'ordre suivant lequel elles se seraient présentées l'une après l'autre dans l'opération du dépouillement. Des feuilles blanches, divisées en colonnes verticales, en tête desquelles on inscrirait ces numéros d'ordre, seraient placées devant trois scrutateurs spéciaux. Lorsqu'une liste collective paraîtrait pour la première fois, chacun des trois scrutateurs en question inscrirait au-dessous du numéro d'ordre, le nombre de cinq chiffres qui servirait à caractériser cette liste. Trois autres scrutateurs marqueraient sur des listes de pointage les nombres de voix acquises à chaque liste collective. Lorsque la même liste, caractérisée par le même nombre, reparaîtrait, l'un des scrutateurs chargés d'inscrire les noms des candidats sur les feuilles blanches prononcerait à haute voix le numéro correspondant à ce nombre, et chacun des scrutateurs chargés des feuilles de

Digitized by Google

pointage correspondantes aux listes collectives couvrirait d'un trait un des points placés au-dessous de ce numéro, en commençant par les points qui en seraient les plus voisins...

(*Œuvres complètes*. 1re Série ; T. XI.)

La liberté du bien et du vrai.

C'est ici le lieu d'examiner ce qu'il faut entendre par les mots de tolérance et de liberté. Que demandent les partisans d'une liberté illimitée ? Que chacun ait le droit de faire ce que bon lui semble. Mais s'il en est ainsi, chacun voudra faire ce qui lui est le plus utile, ce qui servira mieux ses intérêts. Or, loin que les intérêts des hommes se trouvent tous d'accord, ces intérêts sont constamment en opposition les uns avec les autres... D'ailleurs, prenez-y garde, la liberté que Dieu a donnée à l'homme n'est pas un droit : c'est une faculté de choisir entre le bien et le mal, entre le juste et l'injuste, entre le vice et la vertu... On peut user ou abuser de la liberté. Mais la raison, d'accord avec la loi divine, nous enseigne clairement que le bon usage de la liberté doit être récompensé, que l'abus doit être puni. Ainsi l'on ne peut jamais accorder aux hommes, comme un droit, la liberté de faire le mal... jamais les lois humaines ne peuvent autoriser le mal comme principe, et une loi qui le ferait serait nulle de soi.

Parlons maintenant de la tolérance, ou plutôt de la charité chrétienne, car, sous peine de ne plus s'entendre, il est bon de ne pas changer le sens que les mots ont reçu. L'erreur matérielle et l'erreur morale, qui traîne le vice à la suite, se trouvent directement opposées aux intérêts matériels et moraux de l'homme et de la société. L'erreur est donc l'éternelle ennemie de l'homme.

La vérité seule peut lui donner d'utiles conseils, mais

Digitized by Google

comme tel qui adopte aujourd'hui l'erreur peut la rejeter demain, il en résulte que l'erreur ne doit pas être confondue avec celui qui a le malheur de s'y attacher...

C'est précisément l'amour que nous portons à nos semblables qui nous interdit de favoriser jamais la propagation de l'erreur. Cette règle est commune aux gouvernements et aux individus. Assurément, on ne s'avisera jamais de soutenir que, dans les cours de Sciences, on doive enseigner indifféremment les vraies et les fausses théories : l'oxygène et le phlogistique, la pesanteur de l'air ou l'horreur de la nature pour le vide, les attractions moléculaires ou les atomes crochus d'Épicure. Eh bien ! la proposition qu'on rougirait de faire quand il s'agit des Sciences abstraites, ou de la Physique, ou de la Chimie, attendu que par des doctrines erronées on pourrait compromettre des intérêts matériels, cette proposition deviendra-t-elle licite lorsqu'il s'agira de la Science à laquelle se rattachent nos intérêts les plus élevés, nos immortelles destinées ; de la Science qui a pour objet les rapports de l'homme avec ses semblables, de la créature avec son créateur ?

(*Considérations sur les ordres religieux.*)

L'insuffisance des mathématiques.

Au reste, si j'ai cherché, d'une part, à perfectionner l'analyse mathématique, de l'autre, je suis loin de prétendre que cette analyse doive suffire à toutes les sciences de raisonnement. Sans doute, dans les Sciences qu'on nomme naturelles [1], la seule méthode qu'on puisse employer avec succès consiste à observer les faits et à soumettre ensuite les observations au calcul. Mais ce serait une erreur grave

1. L'astronomie, la mécanique, la physique... et non pas la zoologie, la botanique...

Digitized by Google

de penser qu'on ne trouve la certitude que dans les démonstrations géométriques, ou dans le témoignage des sens ; et quoique personne jusqu'à ce jour n'ait essayé de prouver par l'analyse l'existence d'Auguste ou celle de Louis XIV, tout homme sensé conviendra que cette existence est aussi certaine pour lui que le carré de l'hypoténuse... Ce que je dis ici d'un fait historique peut s'appliquer également à une foule de questions, en religion, en morale, en politique. Soyons donc certains qu'il existe des vérités autres que les vérités de l'algèbre, des réalités autres que les objets sensibles. Cultivons avec ardeur les sciences mathématiques, sans vouloir les étendre au-delà de leur domaine ; et n'allons pas nous imaginer qu'on puisse attaquer l'histoire avec des formules, ni donner pour sanction à la morale des théorèmes d'algèbre ou de calcul intégral.

(*Cours d'analyse de l'École polytechnique.* Introduction.)

Digitized by Google

MICHEL CHASLES

Les mathématiques modernes.

(*Les méthodes de transformation.*)

Hâtons-nous de dire... que notre admiration pour l'instrument analytique, si puissant de nos jours, est sans bornes, et que nous n'entendons pas lui mettre en parallèle, sur tous les points, la méthode géométrique. Mais, convaincu qu'on ne saurait avoir trop de moyens d'investigation dans la recherche des vérités mathématiques, qui toutes peuvent devenir également faciles et intuitives quand on a trouvé et suivi la voie étroite qui leur est propre et naturelle, nous avons pensé qu'il ne pouvait qu'être utile de montrer... que les doctrines de la pure Géométrie offrent souvent, et dans une foule de questions, cette voie simple et naturelle qui, pénétrant jusqu'à l'origine des vérités, met à nu la chaîne mystérieuse qui les unit entre elles, et les fait connaître individuellement, de la manière la plus lumineuse et la plus complète.

* * *

(Nous sommes) persuadé que toutes les vérités géométriques sont de même nature ; qu'elles doivent être toutes également susceptibles de démonstrations faciles, et très souvent intuitives. Et en effet, combien n'a-t-on pas d'exemples que celles qui avaient semblé d'abord présenter les plus grandes difficultés, et se refuser même à toutes les ressources des méthodes connues, sont devenues ensuite les plus simples et les plus évidentes ? C'est qu'elles dépendaient de théories non encore formées ou assez étendues, ou ne reposant pas sur leurs véritables bases.

C'est en cela, soit dit en passant, que nous paraît con-

Digitized by Google

sister le principal avantage de l'Analyse moderne sur la Géométrie. La première de ces deux méthodes a le merveilleux privilège de négliger les propositions intermédiaires dont la seconde a toujours besoin, et qu'il faut créer quand la question est nouvelle. Mais cet avantage, si beau et si précieux, a son côté faible, comme toutes les conceptions humaines : c'est que cette marche pénétrante et rapide n'éclaire pas toujours suffisamment l'esprit; elle laisse ignorer les vérités intermédiaires qui rattachent le point de départ avec la vérité trouvée, et qui doivent former, avec l'un et l'autre, un ensemble complet et une véritable théorie. Car est-ce assez, dans l'étude philosophique et approfondie d'une science, de savoir qu'une chose est vraie, si l'on ignore comment et pourquoi elle l'est, et quelle place elle occupe dans l'ordre des vérités auquel elle appartient ?

Il faut... toujours observer, dans les spéculations auxquelles on appliquera son esprit, les deux règles suivantes :

1° Généraliser de plus en plus les propositions particulières, pour arriver de proche en proche à ce qu'il y a de plus général; ce qui sera toujours, en même temps, le plus simple, le plus naturel et le plus facile ;

2° Ne point se contenter, dans la démonstration d'un théorème ou la solution d'un problème, d'un premier résultat qui suffirait s'il s'agissait d'une recherche particulière, indépendante du système général d'une partie de la science ; mais ne se satisfaire d'une démonstration ou d'une solution, que quand leur simplicité, ou leur déduction intuitive de quelque théorie connue, prouvera qu'on a rattaché la question à la véritable doctrine dont elle dépend naturellement.

Pour indiquer un moyen de reconnaître si la pratique de ces deux règles a conduit au but désiré, c'est-à-dire si l'on a rencontré les vraies routes de la vérité définitive, et

Digitized by Google

MICHEL CHASLES

Digitized by Google

Digitized by Google

pénétré jusqu'à son origine, nous croyons pouvoir dire que, dans chaque théorie, il doit toujours exister, et que l'on doit reconnaître, quelque vérité principale dont toutes les autres se déduisent aisément, comme simples transformations ou corollaires naturels; et que cette condition accomplie sera le seul cachet de la véritable perfection de la science. Nous ajouterons... « qu'on ne peut se flatter d'avoir le dernier mot d'une théorie, tant qu'on ne peut pas l'expliquer en peu de paroles à un passant dans la rue. » Et en effet, les vérités grandes et primitives, dont toutes les autres dérivent, et qui sont les vraies bases de la science, ont toujours pour attribut caractéristique la simplicité et l'intuition.

*
* *

Les principes de dualité et d'homographie...; les autres modes de transformation... sont... les plus puissantes doctrines actuelles de la Géométrie récente, et lui donnent un caractère de facilité et d'universalité qui la distingue de la Géométrie ancienne.

Ces modes de transformation, en effet, sont autant de moyens sûrs, de moules, pour ainsi dire, qui servent à créer, à volonté, des vérités géométriques sans nombre.

Qu'on prenne une figure quelconque dans l'espace, et l'une de ses propriétés connues; qu'on applique à cette figure l'un de ces modes de transformation, et qu'on suive diverses modifications ou transformations qu'éprouve le théorème qui exprime cette propriété, on aura une nouvelle figure, et une propriété de cette figure, qui correspondra à celle de la première.

Ces moyens, que possède la Géométrie récente, de multiplier ainsi à l'infini les vérités géométriques, peuvent être assimilés aux formules et aux transformations générales de l'Algèbre, qui donnent, avec sûreté et promptitude, la réponse aux questions diverses qu'on leur soumet, ou bien,

Digitized by Google

en quelque sorte, aux réactifs du chimiste, qui opèrent d'une manière sûre et invariable la transmutation des matières qu'il leur présente; ces moyens sont donc de véritables instruments, que ne possédait point l'ancienne Géométrie, et qui font le caractère distinctif de la Géométrie moderne.

Dans la Géométrie ancienne, les vérités étaient isolées; de nouvelles étaient difficiles à imaginer, à créer; et ne devenait pas géomètre inventeur qui voulait.

Aujourd'hui, chacun peut se présenter, prendre une vérité quelconque connue, et la soumettre aux divers principes généraux de transformation; il en retirera d'autres vérités, différentes ou plus générales; et celles-ci seront susceptibles de pareilles opérations; de sorte qu'on pourra multiplier presque à l'infini, le nombre des vérités nouvelles déduites de la première : toutes, il est vrai, ne mériteront pas de voir le jour, mais un certain nombre d'entre elles pourront offrir de l'intérêt et conduire même à quelque chose de très général.

Peut donc qui voudra, dans l'état actuel de la science, généraliser et créer en Géométrie; le génie n'est plus indispensable pour ajouter une pierre à l'édifice.

* * *

Ces méthodes nous paraissent répondre parfaitement à cette pensée de M. Poinsot[1] : « En Géométrie, comme en Algèbre, la plupart des idées différentes ne sont que des transformations; les plus lumineuses et les plus fécondes sont pour nous celles qui font le mieux image, et que l'esprit combine avec le plus de facilité dans le discours et dans le calcul. » Ce sont ces idées les plus lumineuses et les plus fécondes que les méthodes de transformation feront

1. Géomètre français, auteur d'une Statique admirablement écrite (1777-1859).

Digitized by Google

découvrir, soit en établissant les liens cachés qui unissent une foule de propositions qui semblaient d'abord isolées et étrangères les unes aux autres, soit en variant très diversement, par des procédés certains, les formes d'une idée primitive.

Et que l'on ne croie pas que cette foule de théorèmes divers, que l'on peut aujourd'hui multiplier indéfiniment, doive compliquer la Géométrie et en rendre l'étude plus longue et plus pénible. Toutes ces propositions nouvelles ou plus générales que celles que l'on connaissait déjà, auront, au contraire, pour effet certain de simplifier cette science et d'en étendre les doctrines.

En effet, d'une part, les propositions d'un nouveau genre donneront lieu à des théories et à des considérations géométriques nouvelles; et, d'autre part, les propositions qui rentreront dans des théories connues forceront, par leur généralité, d'élargir les bases actuelles de ces théories, et de les asseoir sur des principes susceptibles de déductions plus diverses et plus générales. Car nous considérons les méthodes de transformation comme des moyens précieux pour la découverte de théorèmes nouveaux, et la démonstration de quelques vérités partielles; mais, quand il s'agit de vérités appartenant à une théorie déjà formée, les démonstrations que procurent ces méthodes artificielles ne nous paraissent pas complètement satisfaisantes : cette théorie doit trouver en elle-même les ressources nécessaires pour les démonstrations directes des vérités qui lui appartiennent, sans qu'on soit obligé de s'appuyer sur les vérités correspondantes, dans la théorie corrélative.

(*Aperçu historique sur l'origine et le développement des méthodes en Géométrie.*)

Digitized by Google

Monge et Carnot, chefs d'école.

La Géométrie, cette partie primordiale, cette base des Mathématiques, présente, de nos jours, au point de vue de la méthode, deux directions différentes, qui prennent leur point de départ principalement dans les ouvrages de Monge et de Carnot : dans le traité de *l'Application de l'Analyse à la Géométrie* et la *Géométrie descriptive*, de Monge ; et dans la *Géométrie de position* et la *Théorie des transversales* de Carnot.

Nous n'avons point à faire ici une analyse de ces ouvrages, dont l'importance ressort si bien des fruits qu'ils ont portés. Nous nous bornerons à indiquer en quelques mots l'esprit dans lequel ils ont été conçus.

L'*Analyse appliquée* repose sur l'emploi des coordonnées de Descartes. Mais les profondes considérations de l'auteur sur la génération des surfaces définies par des propriétés relatives à la courbure, et les conséquences qu'il en tire pour l'intégration des équations aux différentielles partielles, constituent un corps de doctrine entièrement nouveau, se rattachant à la fois aux plus belles questions de la Géométrie générale et aux théories les plus ardues du Calcul intégral.

La *Géométrie descriptive*, bien qu'elle n'ait pas de méthode de recherches qui lui soit propre, a néanmoins contribué au progrès de la Géométrie rationnelle, en familiarisant les esprits avec les conceptions de l'espace, et en donnant les moyens de les ramener à des constructions rigoureuses sur un plan.

Les travaux de Carnot ont un caractère très différent. Fondés sur la méthode des anciens, ils ont eu une influence considérable et des plus heureuses, en inspirant aux jeunes géomètres le goût des recherches de Géométrie pure, et en faisant naître l'espoir de trouver des ressources suffisantes

Digitized by Google

dans une méthode simple et lumineuse, qui avait été entièrement délaissée depuis l'apparition de la *Géométrie* de Descartes, c'est-à-dire de la Géométrie analytique, admirable conception, bientôt suivie de l'Analyse infinitésimale, qui est devenue la clef de toutes les recherches de Physique mathématique. On conçoit que, pendant plus d'un siècle, ces deux puissantes méthodes analytiques se soient emparées de toutes les pensées, de tous les efforts des géomètres; et nous n'entendons exprimer ici aucun blâme, aucun regret à cet égard.

La *Géométrie de position* renfermait une conception heureuse sur la nature des quantités *positives* ou *négatives*, qui permettait de généraliser chaque question, dans ce sens qu'une seule démonstration, quelles que fussent les positions relatives des différentes parties d'une figure, devait suffire; tandis que jusqu'alors chaque question exigeait autant de démonstrations qu'il y avait de variétés de position dans les points et dans les lignes d'une figure. Cette conception nous paraît être l'idée principale qui caractérise l'ouvrage de Carnot.

La *Théorie des transversales* reposait sur un théorème connu des anciens, formant même la base de leur trigonométrie, et qui parfois avait été utile à quelques géomètres du XVII[e] siècle, à Désargues [1] et à Pascal notamment, mais qui depuis avait en quelque sorte disparu de la science. Il s'agit de la relation entre les six segments qu'une transversale fait sur les trois côtés d'un triangle, dont Carnot montre l'utilité comme moyen de démonstration et de recherches dans des questions très variées.

(*Rapport sur les progrès de la Géométrie*. Introduction.)

1. Géomètre français (1593-1662).

Digitized by Google

LE VERRIER

Les perturbations inexpliquées d'Uranus.

Je ne m'arrêterai pas à cette idée que les lois de la gravitation pourraient cesser d'être rigoureuses, à la distance du soleil où circule Uranus. Ce n'est pas la première fois que, pour expliquer les anomalies dont on ne pouvait rendre compte, on s'en est pris au principe de la gravitation. Mais on sait aussi que ces hypothèses ont toujours été anéanties par un examen plus profond des faits. L'altération des lois de la gravitation serait une dernière ressource à laquelle il ne serait permis d'avoir recours qu'après avoir épuisé les autres causes, et les avoir reconnues impuissantes à produire les effets observés.

Je ne saurais croire davantage à la résistance de l'éther, résistance dont on a à peine entrevu les traces dans le mouvement des corps dont la densité est la plus faible, c'est-à-dire dans les circonstances qui seraient les plus propres à manifester l'action de ce fluide.

Les inégalités particulières d'Uranus seraient-elles dues à un gros satellite qui accompagnerait la planète ? Ces inégalités affecteraient alors une très courte période, et c'est précisément le contraire qui résulte des observations. D'ailleurs le satellite dont on suppose l'existence devrait être très gros et n'aurait pu échapper aux observateurs.

Serait-ce donc une comète qui aurait, à une certaine époque, changé brusquement l'orbite d'Uranus ? Mais la période des observations de cette planète de 1781 à 1820 pourrait se lier naturellement, soit à la série des observations antérieures, soit à la série des observations postérieures ; or, elle est incompatible avec l'une et l'autre.

Il ne nous reste ainsi d'autre hypothèse à essayer que

Digitized by Google

LE VERRIER

Digitized by Google

Digitized by Google

celle d'un corps agissant d'une manière continue sur Uranus, et changeant son mouvement d'une manière très lente. Ce corps, d'après ce que nous connaissons de la constitution de notre système solaire, ne saurait être qu'une planète encore ignorée.

(*La Planète Neptune.*)

Les observations astronomiques.

Dans les unes, l'observateur, appelant à son aide les appareils optiques les plus puissants, étudie la nature de la surface du Soleil, les propriétés et la puissance calorifique de ses rayons, les phénomènes de ses éclipses; la configuration des terrains volcaniques de la Lune, de ses vallées et de ses montagnes; les accidents de la surface de Vénus, de Mars, de Jupiter, de Saturne, et les mystérieuses variations des anneaux de cette dernière planète. Il cherche à découvrir les corps épars dans notre système planétaire, et encore inconnus ; il épie l'arrivée des comètes. Il s'efforce de sonder la profondeur des cieux, de découvrir la distribution de la matière dans la voie lactée, et de pénétrer les secrets de la formation des nébuleuses.

Dans les autres, l'astronome, ayant surtout en vue de préparer des matériaux pour l'étude des lois des mouvements célestes et de la nature intime des forces qui régissent le monde, met en œuvre les procédés les plus précis que puissent fournir la mécanique et la physique pour obtenir avec la dernière exactitude les situations relatives des astres. Il fixe les positions des étoiles par rapport à l'équateur, et les emploie ensuite comme terme de comparaison pour étudier les mouvements du Soleil, de la Lune et des planètes. Par des mesures micrométriques il relie les satellites aux planètes elles-mêmes, ou fixe les positions relatives des étoiles doubles.

Digitized by Google

Ce dernier genre d'observations, dont l'ensemble appartient à l'astronomie de précision, devra occuper le premier rang dans ce rapport, comme il le tient effectivement dans la science. La contemplation attentive et la description du ciel ont sans doute donné et produiront encore de grandes découvertes physiques. La mesure des mouvements des astres nous a révélé les lois qui régissent l'harmonie des cieux : elle a été le point de départ du puissant essor qu'a pris dans les deux derniers siècles le génie scientifique de l'homme.

Depuis deux mille ans, les astronomes s'occupent sans relâche à déterminer les positions des étoiles entre elles et par rapport à l'équateur : travail pénible qu'ils recommencent sans cesse, travail aride aux yeux de ceux qui regarderaient la précision de ces positions comme le but final, mais plein de puissant intérêt et de fécondité, comme on en peut juger d'après les conséquences auxquelles il a conduit.

Le plus habile observateur de l'École d'Alexandrie, Hipparque, reconnaît par ses propres observations comparées à celles de ses prédécesseurs, que les distances angulaires des étoiles à l'équinoxe éprouvent des changements progressifs, et il découvre le phénomène de la Précession : phénomène dû à ce que la ligne des pôles du globe que nous habitons ne garde pas une direction constante dans le ciel, mais décrit en *vingt-six mille ans*, autour du pôle de l'écliptique, un cercle dont le diamètre embrasse *quarante-sept* degrés de la sphère. L'importance de cette découverte, déjà si belle en elle-même, et qui s'accomplit un siècle et demi avant notre ère, grandira avec le temps ; elle donnera lieu à de nouvelles observations, et inspirera aux géomètres l'une de leurs plus belles conceptions mathématiques. Le changement du zodiaque, dans la suite des siècles, permettra de retrouver, dans les monuments de l'antiquité la plus reculée, des témoignages irrécusables de leur âge.

Digitized by Google

Dès qu'il a tourné ses regards vers la voûte étoilée, l'homme désire connaître à quelle distance il se trouve des étoiles, de ces soleils des autres mondes. Mais comment y parvenir ? La mesure de la distance de tout objet inaccessible, exige une base suffisante et que notre globe exigu ne saurait fournir. Supposez donc la Terre immobile, et le problème posé reste insoluble. Mais admettez, avec Copernic, que la Terre se meuve autour du Soleil : transporté par elle aux extrémités d'une ligne de soixante-treize millions de lieues d'étendue, l'astronome disposera d'une base digne de considération, et sur laquelle il pourra s'appuyer avec quelque espérance de succès. A moins en effet que cette distance, immense pour nous, ne soit elle-même insensible vis-à-vis des distances stellaires, le déplacement de l'observateur produira cet effet, que chacune des étoiles paraîtra se mouvoir dans le ciel, en parcourant en une seule année la circonférence d'une petite ellipse.

C'est ce phénomène que Bradley[1] entreprenait d'observer et de mesurer en l'année 1728, après avoir donné aux observations un degré de précision inconnu jusqu'alors. Or, une année s'était à peine écoulée que Bradley reconnaissait dans les étoiles un déplacement apparent sur la voûte céleste, chacune d'elles paraissant effectivement se mouvoir sur la circonférence d'une ellipse. Mais, chose étrange ! ces ellipses se présentèrent dans des conditions inverses de celles qu'on avait supposées, et qui résultaient de la discussion géométrique du problème que Bradley avait entrepris de résoudre. Le fait en présence duquel on se trouvait n'était donc pas dû à la distance des étoiles ; mais il révélait à Bradley l'*aberration de la lumière*, phénomène qui altère les positions apparentes des astres, et provient de la composition de la vitesse de la lumière avec celle de la Terre dans son orbite. On pouvait donc mesurer

1. Astronome anglais (1692-1762).

Digitized by Google

la vitesse de la lumière, directement émise par les étoiles, la comparer avec la vitesse de la lumière solaire réfléchie par les satellites de Jupiter et établir ainsi une analogie de plus entre les grands corps de l'Univers.

. . . . . .

« Un temps viendra, dit un philosophe de l'antiquité, où une application assidue nous aura dévoilé les vérités qui nous sont aujourd'hui cachées. La vie d'un seul homme est trop courte pour des recherches si profondes, quand on la consacrerait tout entière à l'étude du ciel... La succession des siècles développera ces mystères et nos descendants s'étonneront de notre ignorance sur des vérités si claires, si simples, si naturelles... Quant à nous, contents d'avoir hasardé quelques conjectures, étudions la nature avec soin, sans présumer d'avoir atteint la connaissance exacte de la vérité, mais aussi sans désespérer d'y parvenir. » Ces pensées, inspirées à Sénèque par ses méditations sur la théorie des comètes, resteront éternellement applicables à l'étude de la nature. La vie d'un homme est trop courte pour rassembler les matériaux indispensables à la solution des grands problèmes astronomiques ; et lorsqu'à chaque instant nous recueillons le fruit des travaux de nos devanciers, ne comprendrions-nous pas que nous avons à remplir un devoir sacré, celui de laisser à notre tour, à la postérité, les matériaux dont elle aura besoin pour pénétrer plus avant dans les secrets de la nature ?

(*Rapport sur l'Observatoire de Paris*, 1854.)

La météorologie.

L'étude des phénomènes qui se produisent dans l'atmosphère terrestre a des liaisons intimes avec l'astronomie. Ce sont, en effet, la chaleur du Soleil, celle de l'espace planétaire, peut-être même, suivant Herschel, celle de la Lune

Digitized by Google

qui, avec les forces attractives de ce satellite et du Soleil, donnent naissance à tous les mouvements de la couche d'air qui nous environne, à la formation des météores aqueux, électriques et lumineux. La déclinaison du Soleil détermine les saisons, comme sa distance moyenne angulaire au zénith de chaque lieu établit la variété des climats. Des fragments isolés de cette matière cosmique qui paraît remplir les espaces célestes, en obéissant, comme tous les astres, aux lois de la gravitation, rencontrent fréquemment dans leur course l'atmosphère de notre planète et y produisent les globes de feu désignés, suivant leur grandeur, par les noms de météores ignés, de bolides, d'étoiles filantes. L'apparition des bolides est quelquefois suivie de chutes de pierres désignées sous le nom d'aérolithes, qui ont jadis inspiré l'étonnement et la terreur. Enfin, d'après des travaux récents, les variations du magnétisme terrestre auraient des relations avec la position des pôles magnétiques existant dans le Soleil.

Dès la plus haute antiquité, on s'est préoccupé de la météorologie ; mais les problèmes sont tellement compliqués, les causes agissantes si nombreuses que rien de sérieux n'a été fait jusqu'à l'époque où l'esprit d'observation a dominé dans la science. L'origine de la saine météorologie ne remonte guère qu'au XVII^e^ siècle, lorsque deux de ses plus précieux instruments, le baromètre et le thermomètre, en même temps que les découvertes géographiques venaient accroître l'étendue de son domaine.

Mieux étudiés, les phénomènes météorologiques ont laissé voir quelques anneaux de la chaîne qui les lient les uns aux autres. On a pu séparer et distinguer quelques-unes des forces qui agissent sur l'atmosphère, et sinon reconnaître leurs actions particulières en chaque instant et en chaque lieu, du moins apercevoir leur action moyenne. On a établi l'existence d'un certain état moyen de l'atmosphère dans chaque lieu du globe, et l'on s'est attaché à déterminer

Digitized by Google

cet état dans un grand nombre de points. Comparant ces résultats de l'observation dans des localités diverses, on a pu reconnaître les influences de la latitude, des mers et des montagnes, sur le climat, au point de vue de la température, des vents, de la pression de l'atmosphère, de l'humidité et des orages.

Les observations dans les montagnes et quelques ascensions aérostatiques ont fourni des indications sur le décroissement de la température à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère. D'un autre côté, des observations actinométriques ont déjà fait connaître la quantité de chaleur fournie à la Terre par le Soleil, la loi de l'absorption de cette chaleur dans l'air, la quantité de chaleur rayonnée par l'atmosphère, etc., questions qui, combinées entre elles, ont fourni des données sur la chaleur de l'espace planétaire. Mais ces recherches sont loin d'être épuisées.

Des observations suivies et consciencieuses, dues au zèle de quelques amis de la science, nous ont fait connaître un grand nombre de conditions dans lesquelles se produisent les hydrométéores, nuages, pluie, neige, grêle, etc. Elles nous ont appris la relation intime qui existe entre la forme des nuages, en apparence si capricieuse, et les causes qui les ont produits, entre leur groupement, l'heure de leur formation et leur hauteur au-dessus du sol, leurs directions et les directions générales du vent. Leur suspension a été expliquée, l'existence des vésicules qui les composent a été reconnue, et le phénomène optique des couronnes a donné la mesure du diamètre de ces vésicules dans diverses espèces de nuages. L'existence de nuages de glace a été constatée ; les différences entre les phénomènes optiques produits par ces nuages et ceux que fournissent les nuages aqueux, ont été reconnues par l'observation et expliquées par la théorie, qui a fait comprendre la production des halos, parhélies et parasélènes, anthélies, couronnes, auréoles, arcs-en-ciel, etc. La polarisation de

Digitized by Google

l'atmosphère, les phénomènes de coloration de l'aurore et du crépuscule, la perspective aérienne ont donné lieu à de sérieuses études.

Les phénomènes électriques n'ont pas été suivis avec moins de soin, depuis l'époque où Franklin[1] fit connaître l'origine du tonnerre. Les conditions dans lesquelles se forment les orages, leur répartition sur le globe, les curieux effets de la foudre, les formes bizarres des éclairs, les roulements tantôt prolongés, tantôt saccadés du tonnerre, la formation des trombes, ont été l'objet de beaux travaux dans notre siècle. Outre ce qu'on ignore encore sur tous ces points, il reste à rechercher l'origine de l'électricité atmosphérique, à étudier sa variation diurne, sa distribution dans les nuages. Le rôle de l'électricité dans le phénomène de la grêle est à peine entrevu. On ne sait encore que bien peu de choses sur les aurores boréales.

. . . . . .

Par la liaison, au moyen de la télégraphie électrique, des diverses stations où se font des observations météorologiques, on pourra connaître à chaque instant le sens et la vitesse de la propagation des tempêtes, et l'on pourra annoncer plusieurs heures à l'avance, sur nos côtes, la plupart des coups de vent, et spécialement les plus dangereux ; car l'histoire des naufrages nous fait savoir que la presque totalité de ces événements a lieu par des vents qui poussent à la côte, et l'on sait que presque tous les ouragans se propagent par aspiration, c'est-à-dire dans la direction d'où ils soufflent. Les vents qui poussent à la côte, se faisant ainsi et presque toujours sentir dans l'intérieur avant de souffler sur le rivage, pourraient donc être annoncés. Les barques des pêcheurs éviteraient de s'éloigner ou rentreraient avant la tempête ; les marins prêts à appareiller resteraient dans les ports jusqu'à ce que l'ouragan dont

1. Homme d'État et physicien américain (1706-1790).

Digitized by Google

ils seraient menacés fût passé, et les naufrages sur les côtes de France deviendraient plus rares.

Les recherches de naturalisation sont fondées sur la théorie des climats, et nos animaux domestiques, nos céréales, nos arbres fruitiers, la plupart de nos végétaux utiles, ont été acclimatés. Ce fait seul montre toute l'importance de la météorologie au point de vue agricole. La France est encore loin de posséder toutes les espèces d'animaux et de végétaux utiles qui peuvent prospérer chez elle. Lorsque son climat sera mieux connu, on saura quelles sont les régions où, pour chaque espèce, il y a des chances de succès; on saura, dans chaque partie de la France, quels sont les versants, les expositions, les altitudes à choisir; on saura, pour la végétation, quelles sont les propriétés physiques que le sol doit offrir pour compenser tel inconvénient du climat au point de vue de l'humidité, de la température, du rayonnement solaire, de la chute des pluies, etc. Guidé par la météorologie, on évitera bien des essais infructueux, bien des tentatives inutiles, qui, en outre des sacrifices qu'elles occasionnent, retardent l'introduction de certaines cultures, de certaines espèces zoologiques.

(*Rapport sur l'Observatoire de Paris.*)

Digitized by Google

LES PHYSICIENS

ET LES CHIMISTES

Digitized by Google

Digitized by Google

MARIOTTE[1]

La loi de Mariotte.

La première question qu'on peut se faire là-dessus est de savoir si l'air se condense précisément selon la proportion des poids dont il est chargé, ou si cette condensation suit d'autres lois et d'autres proportions. Voici les raisonnements que j'ai faits pour savoir si la condensation de l'air se fait à proportion des poids dont il est pressé.

Étant supposé, comme l'expérience le fait voir, que l'air se condense davantage lorsqu'il est chargé d'un plus grand poids, il s'ensuit nécessairement que, si l'air qui est depuis la surface de la terre jusqu'à la plus grande hauteur où il se termine, devenait plus léger, sa partie la plus basse se dilaterait plus qu'elle n'est ; et que s'il devenait plus pesant, cette même partie se condenserait davantage. Il faut donc conclure que la condensation qu'il a proche de la terre se fait suivant une certaine proportion du poids de l'air supérieur dont il est pressé, et qu'en cet état il fait équilibre par son ressort précisément à tout le poids de l'air qu'il soutient.

De là il s'ensuit que, si on enferme dans un baromètre du mercure avec de l'air et qu'on fasse l'expérience du vide, le mercure ne demeurera pas dans le tuyau à la hauteur qu'il était : car l'air qui y est enfermé avant l'expérience fait équilibre par son ressort au poids de toute l'atmosphère, c'est-à-dire de la colonne d'air de même largeur qui s'étend depuis la surface du mercure du vaisseau jusqu'au haut de l'atmosphère, et par conséquent le mercure qui est dans le tuyau ne trouvant rien qui lui fasse équilibre, il descendra.

---

1. Nous avons cherché en vain le portrait de Mariotte, le seul qui manque à notre collection Il n'en existe probablement pas.

Digitized by Google

Mais il ne descendra pas entièrement; car lorsqu'il descend, l'air enfermé dans le tuyau se dilate, et par conséquent son ressort n'est plus suffisant pour faire équilibre avec tout le poids de l'air supérieur. Il faut donc qu'une partie du mercure demeure dans le tuyau à une hauteur telle que l'air qui est enfermé étant dans une condensation qui lui donne une force de ressort capable de soutenir seulement une partie du poids de l'atmosphère, le mercure qui demeure dans le tuyau fasse équilibre avec le reste ; et alors il se fera équilibre entre le poids de toute cette colonne d'air, et le poids de mercure resté joint par la force du ressort de l'air enfermé. Or si l'air se doit condenser à proportion des poids dont il est chargé, il faut nécessairement qu'ayant fait une expérience en laquelle le mercure demeure dans le tuyau à une hauteur de quatorze pouces, l'air qui est enfermé dans le reste du tuyau soit alors dilaté deux fois plus qu'il n'était avant l'expérience ; pourvu que dans le même temps tous les baromètres sans air élèvent leur mercure à vingt-huit pouces précisément.

Pour savoir si cette conséquence était véritable, j'en fis l'expérience avec le sieur Hubin, qui est très expert à faire des baromètres et des thermomètres de plusieurs sortes. Nous nous servîmes d'un tuyau de quarante pouces que je fis emplir de mercure jusqu'à vingt-huit pouces et demi, afin qu'il eût douze pouces et demi d'air, et qu'étant plongé d'un pouce dans le mercure du vaisseau, il y eut trente-neuf pouces de reste, pour contenir quatorze de mercure et vingt-cinq pouces d'air dilaté au double. Je ne fus pas trompé dans mon attente : car le bout du vaisseau renversé étant plongé dans le mercure du vaisseau, celui du vaisseau descendit, et après quelques balancements il s'arrêta à quatorze pouces de hauteur, et par conséquent l'air enfermé qui occupait alors vingt-cinq pouces était dilaté au double de celui qu'on y avait enfermé, qui n'occupait que douze pouces et demi.

Digitized by Google

Je lui fis faire encore une autre expérience, où on laissa vingt-quatre pouces d'air au-dessus du mercure, et il descendit jusqu'à sept pouces conformément à cette hypothèse ; car sept pouces de mercure faisant équilibre au quart du poids de toute l'atmosphère, les trois quarts qui restaient étaient soutenus par le ressort de l'air enfermé, dont l'étendue était alors de trente-deux pouces, elle avait même raison à la première étendue de vingt-quatre pouces, que le poids entier de l'air aux trois quarts du même poids.

Je fis faire encore quelques autres expériences semblables, laissant plus ou moins d'air dans le même tuyau, ou dans d'autres plus ou moins grands ; et je trouvai toujours qu'après l'expérience faite, la proportion de l'air dilaté, à l'étendue de celui qu'on avait laissé au haut du mercure avant l'expérience, était la même que celle de vingt-huit pouces de mercure, qui est le poids entier de l'atmosphère, à l'excès de vingt-huit pouces par dessus la hauteur où il demeurait après l'expérience : ce qui fait connaître suffisamment qu'*on peut prendre pour une règle certaine ou loi de la nature, que l'air se condense à proportion des poids dont il est chargé.*

Que si l'on en veut faire des expériences plus sensibles, il faut avoir un tuyau recourbé, dont les deux branches soient parallèles, et dont l'une soit d'environ huit pieds de hauteur, et l'autre de douze pouces ; la grande doit être ouverte en haut, et l'autre scellée exactement.

On commencera par verser un peu de mercure pour remplir le fond où est la communication des deux branches, et on fera en sorte que le mercure ne soit pas plus haut dans l'une que dans l'autre, afin d'être assuré que l'air enfermé n'est pas plus condensé que l'air libre.

On versera ensuite peu à peu du mercure dans le tuyau, prenant garde que le choc ne fasse entrer de nouvel air avec celui qui est enfermé ; et on verra, comme je l'ai vu plusieurs fois, que, lorsque le mercure sera élevé à quatre

Digitized by Google

pouces dans la petite branche, le mercure sera dans l'autre quatorze pouces plus haut, c'est-à-dire dix-huit pouces au-dessus du tuyau de communication ; ce qui doit arriver si l'air se condense à proportion des poids dont il est chargé, puisque l'air enfermé est alors chargé du poids de l'atmosphère qui est égal au poids de vingt-huit pouces de mercure, et encore de celui de quatorze pouces, dont la somme 42 pouces est à 28 pouces, premier poids qui tenait l'air à 12 pouces dans la petite branche, réciproquement comme cette étendue de 12 pouces est à l'étendue restante de 8 pouces.

Si l'on verse de nouveau mercure jusqu'à ce qu'il soit monté à 6 pouces dans la petite branche, et qu'il ne reste que 6 pouces d'air, le mercure sera dans l'autre branche plus haut de 28 pouces que le haut de ces 6 pouces ; ce qui doit arriver suivant la même hypothèse : car alors l'air enfermé sera chargé de 28 pouces de mercure, et de la pesanteur de l'atmosphère qui en vaut 28, dont la somme 56 est double de 28, comme la première étendue de 12 pouces d'air est double des 6 pouces qui restent ; et lorsqu'en continuant de verser du mercure dans la grande branche, il sera dans la petite à 8 pouces de hauteur, il y aura 56 pouces de hauteur au-dessus, dans la grande branche, ce qui fait encore la même proportion.

(*Discours de la nature de l'air.*)

La prévision du temps.

Les observations des hauteurs différentes où le mercure se met dans le baromètre, nous peuvent donner de belles connaissances. Celle qui me semble la plus considérable est de pouvoir connaître fort souvent quel est le vent qui règne dans l'air, et de prévoir le temps qu'il doit faire le lendemain et deux ou trois jours après.

Digitized by Google

Les baromètres ordinaires de verre dont on se sert pour cet effet ont leurs tuyaux et leurs petits vaisseaux d'une seule pièce ; ils sont si communs qu'il n'est pas nécessaire d'en faire ici la description.

J'ai fait quantité de ces observations à Paris pendant plusieurs années, et j'en ai fait en même temps quelques-unes à Loches, au Mont-de-Marsan, à Dijon, etc., desquelles j'ai tiré les maximes suivantes :

Lorsqu'un vent du sud ou du sud-ouest a soufflé quelques jours, et qu'il survient un vent du nord ou du nord-est, le mercure s'élève de sept à huit lignes plus haut qu'il n'était et se met à 28 pouces ou 28 pouces et quelques lignes, et il fait ordinairement beau temps.

S'il survient un vent du sud ou du sud-ouest après un vent d'est, ou d'est-nord-est, le mercure descend jusqu'à 27 pouces 4 lignes, et quelquefois jusqu'à 27 pouces ou 26 pouces 10 lignes, et il fait alors ordinairement de grandes pluies. Il arrive quelquefois que le sud et le sud-ouest ayant poussé beaucoup d'air et de nuées vers les parties du nord et du nord-est, il se fait un reflux d'air qui fuit le nord ou le nord-est ; ces vents ramènent les nuées et, les pressant, il se fait une pluie continuelle pendant un jour ou deux.

Lorsque les vents du nord et du nord-est cessent, l'est règne souvent ensuite, et le sud et le sud-ouest lui succèdent.

Voici comment on peut expliquer ces effets et ces mutations des vents...

(*Traité du mouvement des eaux.*)

Digitized by Google

VOLTA

La découverte de la pile.

J'ai le plaisir de vous communiquer, Monsieur, et par votre moyen à la *Société Royale*, quelques résultats frappants auxquels je suis arrivé en poursuivant mes recherches sur l'électricité excitée par le simple contact mutuel de métaux d'espèce différente, et même par celui des autres conducteurs aussi différents entre eux, soit liquides soit contenant quelque humeur à laquelle ils doivent proprement leur pouvoir conducteur.

Le principal de ces résultats, et qui comprend à lui seul tous les autres, est la construction d'un appareil qui ressemble pour les effets (c'est-à-dire pour les commotions qu'il est capable de faire éprouver dans les bras, etc.) aux bouteilles de Leyde, et mieux encore aux batteries électriques faiblement chargées, qui agiraient cependant sans cesse, et dont la charge, après chaque explosion, se rétablirait d'elle-même ; qui jouirait, en un mot, d'une charge indéfectible, d'une action sur le fluide électrique, ou impulsion perpétuelle ; mais qui d'ailleurs en diffère essentiellement et par cette action continuelle qui lui est propre, et parce que, au lieu de consister, comme les bouteilles et les batteries électriques ordinaires, en une ou plusieurs lames isolantes, en couches minces de ces corps censés être les seuls *électriques*, armés de conducteurs ou corps dits *non électriques*, ce nouvel appareil est formé uniquement de plusieurs de ces derniers corps choisis même entre les meilleurs conducteurs, et par là les plus éloignés, suivant ce que l'on a toujours cru, de la nature électrique. Oui, l'appareil dont je vous parle, et qui vous étonnera sans doute, n'est qu'un assemblage de bons conducteurs de dif-

Digitized by Google

férentes espèces, arrangés d'une certaine manière. Vingt, quarante, soixante pièces de cuivre, ou mieux d'argent, appliquées chacune à une pièce d'étain, ou, ce qui est beaucoup mieux, de zinc, et un nombre égal de couches d'eau, ou de quelque autre humeur qui soit meilleur conducteur que l'eau simple, comme l'eau salée, la lessive, etc., ou des morceaux de carton, de peau, etc., bien imbibés de ces humeurs ; de telles couches interposées à chaque couple ou combinaisons de deux métaux différents ; une telle alternative et toujours dans le même ordre, de ces trois espèces de conducteurs, voilà ce qui constitue mon nouvel instrument, qui imite, comme j'ai dit, les effets des bouteilles de Leyde ou des batteries électriques, en donnant les mêmes commotions que celles-ci ; qui, à la vérité, reste beaucoup au-dessous de l'activité des dites batteries chargées à un haut point, quant à la force et au bruit de l'explosion, à l'étincelle, à la distance à laquelle peut opérer la décharge, etc. ; égalant seulement les effets d'une batterie chargée à un degré très faible, d'une batterie pourtant ayant une capacité immense ; mais qui d'ailleurs surpasse infiniment la vertu et le pouvoir de ces mêmes batteries, en ce qu'il n'a pas besoin comme elles d'être chargé d'avance au moyen d'une électricité étrangère, et en ce qu'il est capable de donner la commotion toutes les fois qu'on le touche convenablement, quelques fréquents que soient ces attouchements.

Ces appareils, semblables dans le fond, comme je le ferai voir, et même tel que je viens de le construire pour la forme, à *l'organe électrique naturel* de la torpille, de l'anguille tremblante, etc., bien plus qu'à la bouteille de Leyde et aux batteries électriques connues, je voudrais l'appeler *organe électrique artificiel*. Et au vrai, n'est-il pas, comme celui-là, composé uniquement de corps conducteurs ? N'est-il pas, au surplus, actif par lui-même, sans aucune charge précédente, sans le secours d'une électricité quelconque excitée par aucun des procédés connus jusqu'ici ;

Digitized by Google

agissant sans cesse et sans relâche, capable enfin de donner à tous moments des commotions plus ou moins fortes, selon les circonstances, des commotions qui redoublent à chaque attouchement, et qui, répétées ainsi avec fréquence ou continuées pendant un certain temps, produisent ce même engourdissement des membres que fait éprouver la torpille, etc. ?

Je vais donner ici une description plus détaillée de cet appareil et de quelques autres analogues, aussi bien que des expériences les plus remarquables.

Je me fournis de quelques douzaines de petites plaques rondes ou disques de cuivre, de laiton ou mieux d'argent, d'un pouce de diamètre, plus ou moins (par exemple des monnaies), et d'un nombre égal de plaques d'étain, ou, ce qui est beaucoup mieux, de zinc de la même figure et grandeur, à peu près : je dis à peu près, parce que la précision n'est pas requise, et en général la grandeur aussi bien que la figure des pièces métalliques est arbitraire ; on doit avoir égard seulement qu'on puisse les arranger commodément les unes sur les autres en forme de colonne. Je prépare, en outre, un nombre assez grand de rondelles de carton, de peau ou de quelque autre matière spongieuse, capable d'imbiber et de retenir beaucoup d'eau ou de l'humeur dont il faudra pour le succès des expériences qu'elles soient bien trempées. Ces tranches ou rondelles, que j'appellerai disques mouillés, je les fais un peu plus petits que les disques ou plateaux métalliques, afin qu'interposés à eux de la manière que je dirai bientôt, ils n'en débordent pas.

Ayant sous ma main toutes ces pièces en bon état, c'est-à-dire les disques métalliques bien propres et secs, et les autres non métalliques bien imbibés d'eau simple, ou, ce qui est beaucoup mieux, d'eau salée, et essuyés ensuite légèrement pour que l'humeur n'en dégoutte pas, je n'ai plus qu'à les arranger comme il convient, et cet arrangement est simple et facile.

Digitized by Google

Je pose donc horizontalement sur une table ou base quelconque, un des plateaux métalliques, par exemple un d'argent, et sur ce premier, j'en adapte un de zinc; sur ce second, je couche un des disques mouillés, puis un autre plateau d'argent, suivi immédiatement d'un autre de zinc, auquel je fais succéder encore un disque mouillé. Je continue ainsi de la même façon, accouplant un plateau d'argent avec un de zinc, et toujours dans le même sens, c'est-à-dire toujours l'argent dessous et le zinc dessus, ou *vice versa*, selon que j'ai commencé, et interposant à chacun de ces couples un disque mouillé ; je continue, dis-je, à former de ces étages une colonne aussi haute qu'elle peut se soutenir sans s'écrouler.

Or, si elle parvient à contenir environ vingt de ces étages ou couples de métaux, elle sera déjà capable, non seulement de faire donner des signes à l'électromètre de Cavallé, aidé du condensateur au delà de dix ou quinze degrés, de charger ce condensateur au point de lui faire donner une étincelle, etc., mais aussi de frapper les doigts avec lesquels on vient toucher ses deux extrémités (la tête et le pied d'une telle colonne), d'un ou de plusieurs petits coups, et plus ou moins fréquents, selon qu'on réitère ces contacts ; chacun desquels coups ressemble parfaitement à cette légère commotion que fait éprouver une bouteille de Leyde faiblement chargée, ou une batterie chargée plus faiblement encore, ou enfin une torpille extrêmement languissante, qui imite encore mieux les effets de mon appareil par la suite des coups répétés qu'elle peut donner sans cesse.

(*Lettre à sir J. Banks; Philosophical Transactions*, 1800. Part. II.)

Digitized by Google

WATT

Simples notes [1].

Quels sont les produits de votre expérience ? De l'eau, de la lumière, de la chaleur. Ne sommes-nous pas dès lors autorisés à conclure que l'eau est un composé des deux gaz, oxygène et hydrogène, privés d'une partie de leur chaleur latente ou élémentaire ; que l'oxygène est de l'eau privée de son hydrogène, mais uni à de la chaleur et de la lumière latentes ?

(*Lettre à Priestley*, du 26 avril 1783.)

* * *

L'amitié que me portait M. Boulton n'a fini qu'avec sa vie. Celle que je lui avais vouée, m'impose le devoir de profiter de cette occasion, la dernière probablement qui s'offrira à moi, pour dire combien je lui fus redevable. C'est à son encouragement empressé, à son goût pour les découvertes scientifiques, et à la sagacité avec laquelle il savait les faire tourner au progrès des arts ; c'est aussi à la connaissance intime qu'il avait des affaires manufacturières et commerciales, que j'attribue, en grande partie, les succès dont mes efforts ont été couronnés.

* * *

Ce que je redoute le plus au monde, ce sont les plagiaires.

---

1. Watt a très peu écrit ; on n'a de lui que la description de deux machines, l'une perspective et l'autre à copier, un mémoire sur l'aération des mines, quelques lettres et une espèce de mémorial. Nous en sommes réduits à donner de courts extraits des lettres et du mémorial.

Digitized by Google

Les plagiaires ! Ils m'ont déjà cruellement assailli, et si je n'avais pas une excellente mémoire, leurs impudentes assertions auraient fini par me persuader que je n'ai apporté aucune amélioration à la machine à vapeur. Les mauvaises passions de ceux à qui j'ai été le plus utile, vont, le croiriez-vous ? jusqu'à leur faire soutenir que ces améliorations, loin de mériter une pareille qualification, ont été très préjudiciables à la richesse publique.

* * *

J'ai été moi-même surpris de la régularité de son action (il s'agit du parallélogramme articulé). Quand je l'ai vu marcher pour la première fois, j'ai eu véritablement tout le plaisir de la nouveauté, comme si j'avais examiné l'invention d'une autre personne.

* * *

Un lundi après midi, j'étais sorti pour me promener dans le Green de Glascow et comme je me trouvais à moitié chemin de Herd's House à Arns's Well, mes pensées s'étaient portées naturellement sur les expériences dans lesquelles j'étais engagé pour épargner de la chaleur au cylindre. A cette partie de la route, l'idée me vint que, la vapeur étant un fluide élastique, elle doit se dilater et se précipiter dans un espace préalablement vidé ; et que, ayant fait le vide dans un vase séparé et ouvert la communication entre la vapeur du cylindre et l'espace vide, on voit ce qu'il doit arriver.

* * *

L'invention de Watt est purement un artifice pour prévenir le refroidissement du cylindre et pour faire le vide le plus exact possible en condensant la vapeur dans un vase séparé du cylindre ; tel est, en résumé, ce qui carac-

Digitized by Google

térise l'invention. Les moyens de tenir le cylindre chaud, — la substitution de l'action de la vapeur à celle de l'atmosphère, — de la graisse, etc., à l'eau pour maintenir le piston étanche, — et le soutirage de l'air, etc., à l'aide de pompes, ne sont à vrai dire que des perfectionnements secondaires. Ceci doit être pris en considération pour juger la nouvelle machine ; du reste Watt ne s'adresse qu'aux mécaniciens et aux philosophes et non aux ignorants.

Digitized by Google

COULOMB

Les aiguilles aimantées.

Tandis que toutes les parties de la Terre sont unies par leurs besoins respectifs et par l'échange de leur superflu, tandis que des armées et des nations entières couvrent et habitent les mers, des savants, aussi respectables par leur amour pour le bien public que par leur génie, proposent aux recherches des physiciens et des géomètres la perfection de l'instrument qui dirige la marche des vaisseaux, qui, placé au centre d'un horizon vaste et uniforme, trace une ligne dont la direction est connue : c'est servir l'humanité et sa patrie que de répondre à leurs vues et d'essayer ses forces sur un objet aussi utile.

Définitions et principes. — Si l'on suspend une aiguille aimantée par son centre de gravité, autour duquel on suppose qu'elle peut tourner uniformément dans tous les sens, elle prendra une direction fixe, en sorte que, si on l'éloignait de cette direction, elle y serait toujours ramenée en oscillant.

Si, par la direction de cette aiguille, on fait passer un plan vertical, ce plan sera le plan méridien de la boussole ou autrement le méridien magnétique. L'angle formé par ce plan avec le véritable méridien du monde sera la déclinaison de la boussole.

Si par le point de suspension de l'aiguille on fait passer un plan horizontal, l'angle formé par la direction de l'aiguille avec ce plan sera l'inclinaison de la boussole.

On distingue, dans les aiguilles aimantées, les extrémités sous le nom de *pôles*. L'extrémité qui se dirige à peu près vers le Nord s'appelle *pôle boréal*. L'extrémité qui se dirige à peu près vers le Sud s'appelle *pôle austral*. Les pôles du

Digitized by Google

même nom de différents aimants ou aiguilles paraissent exercer les uns sur les autres une force répulsive. Les pôles de différents noms paraissent avoir une force attractive.

Les lames d'acier ne sont susceptibles que d'un certain degré de magnétisme qu'elles ne peuvent outrepasser. Parvenues à ce point, on dit qu'elles sont aimantées à saturité.

Premier principe. — Si après avoir suspendu une aiguille par son centre de gravité, on l'éloigne de la direction qu'elle affecte naturellement, elle y est toujours ramenée par des forces qui agissent parallèlement à cette direction, qui sont différentes pour les différents points de l'aiguille, dans quelque position que cette aiguille soit placée, par rapport à sa direction naturelle ; en sorte qu'une aiguille aimantée éprouve toujours la même action, dans quelque position qu'on la suppose, de la part des forces magnétiques de la Terre.

Le globe de la Terre est un aimant naturel qui, par son action, produit la direction de la boussole. Si l'on suppose que les forces aimantaires sont des forces attractives ou répulsives, les centres de ces forces, placées dans le globe de la Terre, seront, par rapport à la longueur de la boussole, à une distance que l'on peut regarder comme infinie. Mais, comme l'action des forces attractives ou répulsives dépend de la nature et de l'intensité des masses et d'une fonction de la distance, la distance pouvant être supposée la même, dans quelque position que l'on place la boussole, et chaque point de cette boussole pris en particulier n'éprouvant dans le changement de position aucune variation par rapport à la constitution de ses parties, il s'ensuit que chacun des points de l'aimant sera sollicité par une force dont la direction sera toujours la même et dont l'intensité sera indépendante de la position de l'aiguille.

. . . . . .

Second principe. — Les forces magnétiques du globe

Digitized by Google

COULOMB

Digitized by Google

Digitized by Google

terrestre qui sollicitent les différents points d'une boussole agissent dans deux sens opposés. La partie boréale de la boussole est attirée par le pôle boréal du méridien magnétique. La partie australe de l'aiguille est sollicitée dans la direction opposée. Quelle que soit la loi suivant laquelle ces forces agissent, la somme des forces qui sollicitent l'aiguille vers le pôle boréal est exactement égale à la somme des forces qui sollicitent le pôle austral de l'aiguille dans la direction opposée.

(On) a trouvé qu'une lame d'acier pesée avant d'avoir été aimantée et après l'avoir été, ne changeait nullement de poids. Quelque précision qu'(on) ait pu mettre dans (les) expériences, elles... ont toujours donné le même résultat. Ainsi toutes les forces qui sollicitent une aiguille aimantée, étant décomposées suivant une direction horizontale et une direction verticale, il suit des principes de la Statique, et de cette expérience, que la somme des forces verticales doit être nulle.

D'un autre côté, on sait que si l'on fait flotter une aiguille aimantée sur un petit morceau de liège, elle se dirige suivant le méridien magnétique, mais que le centre de gravité de tout le système parvient bientôt à un état de repos; or si la somme des forces horizontales n'était pas nulle, si, par exemple, la somme des forces qui tirent vers le pôle boréal était plus grande que la somme des forces qui agissent dans le sens opposé, le centre de gravité du système devrait se mouvoir vers le nord d'un mouvement continu.

On peut donc conclure de ces deux expériences que, puisque la somme des forces décomposées dans le plan horizontal suivant le méridien magnétique est nulle, de même que la somme des forces verticales, il suit que la somme des forces qui agissent suivant la direction naturelle de la boussole est aussi nulle.

. . . . . .

Digitized by Google

Il semble donc qu'il résulte de l'expérience que ce ne sont point des tourbillons qui produisent les différents phénomènes aimantaires, et que, pour les expliquer, il faut nécessairement recourir à des forces attractives et répulsives de la nature de celles dont on est obligé de se servir pour expliquer la pesanteur des corps et la physique céleste.

(*La meilleure manière de fabriquer les aiguilles aimantées.* Tome I des Mémoires publiés par la Société de physique.)

La théorie de l'électricité.

Premier mémoire. — ... J'ai déterminé, d'après l'expérience, les lois de la force de torsion d'un fil de métal, et j'ai trouvé que cette force était, en raison composée de l'angle de torsion, de la quatrième puissance du diamètre du fil de suspension et de l'inverse de sa longueur, en multipliant le tout par un coefficient constant qui dépend de la nature du métal et qui est facile à déterminer par l'expérience.

J'ai fait voir... qu'au moyen de cette force de torsion, il était possible de mesurer avec précision des forces très peu considérables...

Je mets aujourd'hui sous les yeux de l'Académie une balance électrique construite d'après les mêmes principes : elle mesure avec la plus grande exactitude l'état et la force électrique d'un corps, quelque faible que soit le degré de l'électricité [1].

Deuxième mémoire. — Des recherches (faites) il résultera :

1° Que l'action, soit répulsive, soit attractive de deux

1. Voir dans les traités de physique la description et le maniement de la balance de Coulomb.

Digitized by Google

globes électrisés et, par conséquent, de deux molécules électriques, est en raison composée des densités du fluide électrique des deux molécules électrisées et inverse du carré des distances ;

2° Que dans une aiguille de 20 à 25 pouces de longueur aimantée par la méthode de double touche, le fluide magnétique peut être supposé concentré à 10 lignes des extrémités de l'aiguille ;

3° Que lorsqu'une aiguille est aimantée, dans quelque position qu'elle soit placée sur un plan horizontal, relativement à son méridien magnétique, elle est toujours ramenée à ce méridien par une force constante parallèle au méridien, et dont la résultante passe toujours par le même point de l'aiguille suspendue ;

4° Que la force attractive et répulsive du fluide magnétique est exactement, ainsi que dans le fluide électrique, en raison composée directe des densités et inverse du carré des distances des molécules magnétiques.

Troisième mémoire. — De la quantité d'électricité qu'un corps isolé perd dans un temps donné, soit par le contact de l'air plus ou moins humide, soit le long des soutiens plus ou moins idio-électriques.

Quatrième mémoire. — On y démontre les principales propriétés du fluide électrique... Ce fluide se partage entre différents corps mis en contact uniquement par son action répulsive... Dans les corps conducteurs, le fluide parvenu à l'état de stabilité est répandu sur la surface du corps, et ne pénètre pas dans l'intérieur.

Cinquième mémoire. — Sur la manière dont le fluide électrique se partage entre deux corps conducteurs mis en contact, et de la distribution de ce fluide sur les différentes parties de la surface de ces corps.

Sixième mémoire. — Suite du même sujet.

(*Mémoires de l'Académie des sciences;* 1784-89.)

Digitized by Google

LAVOISIER

La composition de l'air.

La chimie présente, en général, deux moyens pour déterminer la nature des parties constituantes d'un corps, la composition et la décomposition. Lors, par exemple, que l'on a combiné ensemble de l'eau et de l'esprit-de-vin ou alcool, et que, par le résultat de ce mélange on a formé l'espèce de liqueur qui porte le nom d'eau-de-vie dans le commerce, on a le droit d'en conclure que l'eau-de-vie est un composé d'alcool et d'eau ; mais on peut arriver à la même conclusion par voie de décomposition, et en général on ne doit être pleinement satisfait, qu'autant qu'on a pu réunir ces deux genres de preuves.

On a cet avantage dans l'analyse de l'air de l'atmosphère ; on peut le décomposer et le recomposer, et je me bornerai à rappeler ici les expériences les plus concluantes qui aient été faites à cet égard. Il n'en est presque aucunes qui ne me soient devenues propres, soit parce que je les ai faites le premier, soit parce que je les ai répétées sous un point de vue nouveau, sous celui d'analyser l'air de l'atmosphère.

J'ai pris un matras de 36 pouces cubiques environ de capacité dont le col était très long et avait 6 à 7 lignes de grosseur intérieurement. Je l'ai courbé... de manière qu'il pût être placé dans un fourneau, tandis que l'extrémité de son col irait s'engager sous une cloche, placée dans un bain de mercure [1]. J'ai introduit dans ce matras 4 onces de mercure très pur, puis en suçant avec un syphon que j'ai introduit sous la cloche, j'ai élevé le mercure... ; j'ai marqué soigneusement cette hauteur avec une bande de

1. Nous avons supprimé le dessin joint au texte.

Digitized by Google

papier collé, et j'ai observé exactement le baromètre et le thermomètre.

Les choses ainsi préparées, j'ai allumé le feu dans le fourneau et je l'ai entretenu presque continuellement pendant douze jours, de manière que le mercure fût élevé jusqu'au degré nécessaire pour le faire bouillir.

Il ne s'est rien passé de remarquable pendant tout le premier jour : le mercure, quoique non brillant, était dans un état d'évaporation continuelle, il tapissait l'intérieur du vaisseau de gouttelettes, d'abord très fines, qui allaient ensuite en augmentant, et qui, lorsqu'elles avaient acquis un certain volume, retombaient d'elles-mêmes au fond du vase et se réunissaient au reste du mercure. Le second jour, j'ai commencé à voir nager à la surface du mercure de petites parcelles rouges, qui, pendant quatre ou cinq jours, ont augmenté en nombre et en volume, après quoi elles ont cessé de grossir et sont restées absolument dans le même état. Au bout de douze jours, voyant que la calcination du mercure ne faisait plus aucun progrès, j'ai éteint le feu et laissé refroidir les vaisseaux. Le volume de l'air contenu tant dans le matras que dans son col et sous la partie vide de la cloche, réduit à la pression de 28 pouces et à 10 degrés du thermomètre, était avant l'opération, de 50 pouces cubiques environ. Lorsque l'opération a été finie, ce même volume, ne s'est plus trouvé que de 42 à 43 pouces; il y avait eu par conséquent une diminution de volume d'un sixième environ. D'un autre côté, ayant rassemblé soigneusement les parcelles rouges qui s'étaient formées, et les ayant séparées, autant qu'il était possible du mercure dont elles étaient baignées, leur poids s'est trouvé de 45 grains.

J'ai été obligé de répéter plusieurs fois cette calcination du mercure en vaisseau clos, parce qu'il est difficile, dans une seule et même expérience, de conserver l'air dans lequel on a opéré, et les molécules rouges ou chaux de

Digitized by Google

mercure qui s'étaient formées. Il m'arrivera souvent de confondre ainsi, dans un même récit, le résultat de deux ou trois expériences de même genre.

L'air qui restait après cette opération, et qui avait été réduit aux cinq sixièmes de son volume par la calcination du mercure, n'était plus propre à la respiration ni à la combustion; car les animaux qu'on y introduisait y périssaient en peu d'instants et les lumières s'y éteignaient sur le champ, comme si on les eût plongées dans de l'eau.

D'un autre côté, j'ai pris les 45 grains de matière rouge qui s'était formée pendant l'opération, je les ai introduits dans une très petite cornue de verre, à laquelle était adapté un appareil propre à recevoir les produits liquides et aériformes qui pourraient se séparer ; ayant allumé du feu dans le fourneau, j'ai observé qu'à mesure que la matière rouge était échauffée, sa couleur augmentait d'intensité. Lorsque ensuite la cornue a approché de l'incandescence, la matière rouge a commencé à perdre peu à peu de son volume, et en quelques minutes elle a entièrement disparu ; en même temps il s'est condensé dans le petit récipient 41 grains 1/2 de mercure coulant et il a passé sous la cloche 7 à 8 pouces cubiques d'un fluide élastique beaucoup plus propre que l'air de l'atmosphère à entretenir la combustion et la respiration des animaux.

Ayant fait passer une portion de cet air dans un tube de verre d'un pouce de diamètre et y ayant plongé une bougie, elle y répandait un éclat éblouissant; le charbon, au lieu de s'y consumer paisiblement comme dans l'air ordinaire, y brûlait avec flamme et une sorte de décrépitation, à la manière du phosphore, et avec une vivacité de lumière que les yeux avaient peine à supporter. Cet air que nous avons découvert presque en même temps, M. Priestley[1], M. Scheele[2]

1 Chimiste anglais (1733-1804).
2. Chimiste suédois (1742-1786).

Digitized by Google

et moi, a été nommé par le premier, air déphlogistiqué; par le second, air empyréal. Je lui avais d'abord donné le nom d'*air éminemment respirable*; depuis on y a substitué celui d'*air vital*. Nous verrons bientôt ce qu'on doit penser de ces dénominations.

En réfléchissant sur les circonstances de cette expérience, on voit que le mercure, en se calcinant, absorbe la partie salubre et respirable de l'air, ou, pour parler d'une manière plus rigoureuse, la base de cette partie respirable; que la portion d'air qui reste est une espèce de moffette, incapable d'entretenir la combustion et la respiration; l'air de l'atmosphère est donc composé de deux fluides élastiques de nature différente et pour ainsi dire opposée.

Une preuve de cette importante vérité, c'est qu'en recombinant les deux fluides élastiques qu'on a ainsi obtenus séparément, c'est-à-dire les 42 pouces cubiques de moffette ou air non respirable, et les 8 pouces cubiques d'air respirable, on reforme de l'air en tout semblable à celui de l'atmosphère et qui est propre, à peu près au même degré, à la combustion et à la calcination des métaux et à la respiration des animaux.

(*Œuvres*. T. I.)

La composition de l'eau.

... l'air inflammable dont j'entends parler dans ce mémoire est celui qu'on obtient soit de la décomposition de l'eau par le fer seul, soit de la dissolution du fer et du zinc dans les acides vitriolique et marin; que, comme il paraît prouvé que, dans tous les cas, cet air vient originairement de l'eau, je l'appellerai, lorsqu'il se présentera dans l'état aériforme, *air inflammable aqueux*[1]...

1. L'hydrogène.

Digitized by Google

Si on brûle ensemble sous une cloche de verre... un peu moins de deux parties d'air inflammable aqueux contre une d'air vital, en supposant que l'un et l'autre soient parfaitement purs, la totalité des deux airs est absorbée, et l'on trouve, à la surface du mercure sur lequel se fait cette expérience, une quantité d'eau égale en poids à celui des deux airs qu'on a employés : je suppose, comme je l'ai dit, que les deux airs soient parfaitement purs (et c'est une condition, il est vrai, difficile à obtenir) ; mais, dans le cas de mélange, il y a un résidu plus ou moins considérable, et il y a, dans le poids de l'eau qui s'est formée, un *déficit* égal à celui de ce résidu.

L'eau que l'on obtient par ce procédé est parfaitement pure et dans l'état d'eau distillée ; quelquefois elle est imprégnée d'une légère portion d'air fixe, et c'est une preuve alors, ou que l'air inflammable aqueux tenait de la substance charbonneuse en dissolution, ou que l'un des deux airs était mélangé d'air fixe.

. . . . . .

Ce fut le 24 juin 1783 que nous fîmes cette expérience, M. de Laplace et moi...

Nous commençâmes d'abord à chercher, par voie de tâtonnement, quelle devait être l'ouverture de nos robinets pour fournir la juste proportion des deux airs ; nous y parvînmes aisément en observant la couleur et l'éclat du dard de flamme qui se formait au bout de l'ajutoir ; la juste proportion des deux airs donnait la flamme la plus lumineuse et la plus belle. Ce premier point trouvé, nous introduisîmes l'ajutoir dans la tubulure de la cloche, laquelle était plongée sur du mercure, et nous laissâmes brûler les airs jusqu'à ce que nous ayons épuisé la provision que nous en avions faite : dès les premiers instants, nous vîmes les parois de la cloche s'obscurcir et se couvrir de vapeurs ; bientôt elles se rassemblèrent en gouttes, et ruisselèrent de toutes parts sur le mercure, et, en quinze ou vingt

Digitized by Google

minutes, sa surface s'en trouva couverte. L'embarras était de rassembler cette eau ; mais nous y parvînmes aisément en passant une assiette sous la cloche sans la sortir du mercure, et en versant ensuite l'eau et le mercure dans un entonnoir de verre : en laissant ensuite couler le mercure, l'eau se trouva réunie dans le tube de l'entonnoir, elle pesait un peu moins de 5 gros.

Cette eau, soumise à toutes les épreuves qu'on peut imaginer, parut aussi pure que l'eau distillée : elle ne rougissait nullement la teinture de tournesol ; elle ne verdissait pas le sirop de violette ; elle ne précipitait pas l'eau de chaux ; par tous les réactifs connus, on ne put y découvrir le moindre indice de mélange.

Comme les deux airs étaient conduits des caisses pneumatiques à la cloche par des tuyaux flexibles de cuir, et qu'ils n'étaient pas absolument imperméables à l'air, il ne nous a pas été possible de nous assurer de la quantité exacte des deux airs dont nous avions ainsi opéré la combustion ; mais, comme il n'est pas moins vrai en physique qu'en géométrie que le tout est égal à ses parties, de ce que nous avions obtenu de l'air pur dans cette expérience sans aucun autre résidu, nous nous sommes crus en droit d'en conclure que le poids de cette eau était égal à celui des deux airs qui avaient servi à le former. On ne pouvait faire qu'une objection raisonnable contre cette conclusion : en admettant que l'eau qui s'était formée était égale en poids aux deux airs, c'était supposer que la matière de la chaleur et de la lumière qui se dégage en grande abondance dans cette opération et qui passe à travers les pores des vaisseaux, n'avait pas de pesanteur : or on pouvait regarder cette supposition comme gratuite. Je me suis donc trouvé engagé dans cette question importante, savoir si la matière de la chaleur et de la lumière a une pesanteur sensible et appréciable dans les expériences physiques, et j'ai été déterminé pour la négative, d'après des faits qui me paraissent très concluants...

Digitized by Google

. . . . . .

Nous primes en conséquence (M. Meusnier et moi) un canon de fusil dont on avait ôté la culasse, c'est-à-dire qui était ouvert par les deux bouts ; comme nous le destinions à éprouver un grand degré de chaleur, pour éviter la calcination extérieure, nous le recouvrîmes, en dehors dans toute sa région moyenne, avec deux couches de fils de fer tournés en spirale, et appliquâmes par dessus une couche d'un lut formé avec de la terre grasse, du sable et de la poudre de charbon ; nous fîmes passer ce canon à travers un fourneau, en l'inclinant de quelques degrés avec l'horizon, afin de donner à l'eau une pente suffisante pour la déterminer à couler ; un entonnoir de fer blanc dont la queue était garnie d'un robinet, s'ajustait et se lutait solidement à l'extrémité la plus élevée du canon, tandis que l'extrémité inférieure répondait à un serpentin d'étain ; enfin au bas du serpentin était luté un flacon tubulé, destiné à recevoir la liqueur qui pourrait s'écouler, et en même temps à transmettre par un tuyau adapté et luté à la tubulure les produits aériformes dans l'appareil pneumato-chimique[1] ... Comme les canons de fusil sont rarement assez longs pour ce genre d'expériences, nous avons souvent été obligés d'y faire ajouter des bouts de tuyaux de cuivre jaune brasé ; et, comme il n'y a que le milieu du canon qui supporte l'ardeur du feu dans ces expériences, la chaleur, dans l'endroit des soudures, n'était pas assez forte pour qu'elles en souffrissent.

Cet appareil nous a donné lieu de faire les observations qui suivent : si lorsque le canon de fusil est rouge et incandescent, on y laisse couler l'eau goutte à goutte et en très petite quantité, elle s'y décompose en entier, et il n'en ressort aucune portion par l'ouverture inférieure du canon ; le principe oxygène de l'eau se combine avec le fer

1. Nous avons supprimé ici la figure.

Digitized by Google

et le calcine ; en même temps le principe inflammable aqueux, devenu libre, passe dans l'état aériforme, et avec une pesanteur spécifique qui est environ deux vingt-cinquièmes de l'air commun. Dans le commencement de l'expérience, la production d'air inflammable est très rapide ; elle se ralentit bientôt ensuite, et elle arrive à une uniformité qui dure pendant plusieurs heures ; enfin, au bout de huit à dix heures, plus ou moins, suivant l'épaisseur du canon, le passage de l'air inflammable se ralentit et l'eau finit par ressortir en totalité du canon, comme elle y était entrée, sans se décomposer. Si cette opération a été poussée jusqu'au bout, toute la substance du fer qui formait le canon de fusil se trouve convertie en une substance noire brillante, cristallisée en facettes comme la mine de fer spéculaire ; cette substance est fragile et cassante, médiocrement attirable à l'aimant ; on peut la réduire en poudre dans un mortier, et elle ne diffère alors en rien de ce qu'on désigne, en chimie et en pharmacie, sous le nom d'*ethiops martial* : cette matière occupe un volume beaucoup plus considérable que le fer qui a servi à la former ; le canon de fusil se trouve en conséquence augmenté d'épaisseur, et son diamètre intérieur considérablement diminué. Le fer, dans cette expérience, acquiert une augmentation de poids de 25 à 30 livres par quintal...

(*Œuvres*. T. II.)

Les combinaisons binaires de l'oxygène.

L'oxygène est une des substances les plus abondamment répandues dans la nature, puisqu'elle forme près du tiers en poids de notre atmosphère, et par conséquent du fluide élastique que nous respirons. C'est dans ce réservoir immense que vivent et croissent les animaux et les végétaux, et c'est également de lui que nous tirons principalement

Digitized by Google

tout l'oxygène que nous employons dans nos expériences. L'attraction réciproque qui s'exerce entre ce principe et les différentes substances est telle, qu'il est impossible de l'obtenir seul et dégagé de toute combinaison. Dans notre atmosphère, il est uni au calorique qui le tient en état de gaz, et il est mêlé avec environ deux tiers en poids de gaz azote.

Il faut, pour qu'un corps s'oxygène, réunir un certain nombre de conditions : la première est que les molécules constituantes de ce corps n'exercent pas sur elles-mêmes une attraction plus forte que celle qu'elles exercent sur l'oxygène, car il est évident qu'alors il ne peut plus y avoir de combinaison. L'art dans ce cas peut venir au secours de la nature, et l'on peut diminuer presque à volonté l'attraction des molécules des corps, en les échauffant, c'est-à-dire en y introduisant du calorique.

Échauffer un corps, c'est écarter les unes des autres les molécules qui le constituent; et comme l'attraction de ces molécules diminue suivant une certaine loi relative à la distance, il se trouve nécessairement un instant où les molécules exercent une plus forte attraction sur l'oxygène qu'elles n'en exercent sur elles-mêmes : c'est alors que l'oxygénation a lieu.

On conçoit que le degré de chaleur auquel commence ce phénomène doit être différent pour chaque substance. Ainsi, pour oxygéner la plupart des corps et en général presque toutes les substances simples, il ne s'agit que de les exposer à l'action de l'air de l'atmosphère et de les élever à une température convenable. Cette température, pour le plomb, le mercure, l'étain, n'est pas fort supérieure à celle dans laquelle nous vivons. Il faut au contraire un degré de chaleur assez grand pour oxygéner le fer, le cuivre, etc., du moins par la voie sèche et lorsque l'oxygénation n'est point aidée par l'action de l'humidité. Quelquefois l'oxygénation se fait avec une extrême rapidité, et alors elle est accompagnée de chaleur, de lumière et même

Digitized by Google

de flamme : telle est la combustion du phosphore dans l'air de l'atmosphère et celle du fer dans le gaz oxygène. Celle du soufre est moins rapide ; enfin celle du plomb, de l'étain et de la plupart des métaux se fait beaucoup plus lentement, et sans que le dégagement du calorique, et surtout de la lumière, soit sensible.

Il est des substances qui ont une telle affinité pour l'oxygène, et qui ont la propriété de s'oxygéner à une température si basse, que nous ne les voyons que dans l'état d'oxygénation : tel est l'acide muriatique, que l'art, ni peut-être la nature, n'ont encore pu décomposer, et qui ne se présente à nous que dans l'état d'acide. Il est probable qu'il y a beaucoup d'autres substances du règne minéral qui, comme l'acide muriatique, sont nécessairement oxygénées au degré de chaleur dans lequel nous vivons ; et c'est sans doute parce qu'elles sont déjà saturées d'oxygène qu'elles n'exercent plus aucune action sur ce principe.

L'exposition des substances simples à l'air, élevées à un certain degré de température, n'est pas le seul moyen de les oxygéner. Au lieu de leur présenter l'oxygène uni au calorique, on peut leur présenter cette substance unie à un métal avec lequel elle ait peu d'affinité. L'oxyde rouge de mercure est un des plus propres à remplir cet objet, surtout à l'égard des corps qui ne sont point attaqués par le mercure. L'oxygène dans cet oxyde tient très peu au métal, et même il n'y tient plus au degré de chaleur qui commence à faire rougir le verre. En conséquence, on oxygène avec beaucoup de facilité tous les corps qui en sont susceptibles, en les mêlant avec de l'oxyde rouge de mercure et en les élevant à un degré de chaleur médiocre.

L'oxyde noir de manganèse, l'oxyde rouge de plomb, les oxydes d'argent, et en général presque tous les oxydes métalliques, peuvent remplir jusqu'à un certain point le même objet, en choisissant de préférence ceux dans lesquels l'oxygène a le moins d'adhérence. Toutes les réductions ou

Digitized by Google

revivifications métalliques ne sont même que des opérations de ce genre : elles ne sont autre chose que des oxygénations du charbon par un oxyde métallique quelconque. Le charbon combiné avec l'oxygène et avec du calorique s'échappe sous forme de gaz acide carbonique, et le métal reste pur et revivifié.

On peut encore oxygéner toutes les substances combustibles en les combinant, soit avec du nitrate de potasse ou de soude, soit avec du muriate oxygéné de potasse ; à un certain degré de chaleur, l'oxygène quitte le nitrate et le muriate, pour se combiner avec le corps combustible. Mais ces sortes d'oxygénation ne doivent être tentées qu'avec des précautions extrêmes et sur de très petites quantités. L'oxygène entre dans la combinaison des nitrates, et surtout des muriates oxygénés, avec une quantité de calorique presque égale à celle qui est nécessaire pour le constituer gaz oxygène. Cette immense quantité de calorique devient subitement libre au moment de sa combinaison avec les corps combustibles, et il en résulte des détonations terribles auxquelles rien ne résiste.

Enfin on peut oxygéner par la voie humide une partie des corps combustibles, et transformer en acides la plupart des oxydes des trois règnes. On se sert principalement à cet effet de l'acide nitrique, auquel l'oxygène tient peu et qui le cède facilement à un grand nombre de corps, à l'aide d'une douce chaleur. On peut également employer l'acide muriatique oxygéné pour quelques-unes de ces opérations, mais non pas pour toutes.

J'appelle *binaires* les combinaisons des substances simples avec l'oxygène, parce qu'elles ne sont formées que de la réunion de deux substances. Je nommerai combinaisons *ternaires* celles composées de trois substances simples, et combinaisons *quaternaires* celles composées de quatre substances.

(*Traité élémentaire de chimie.*)

Digitized by Google

La combustion.

La combustion n'est autre chose, d'après ce qui a été exposé dans la première partie de cet ouvrage, que la décomposition du gaz oxygène opérée par un corps combustible. L'oxygène qui forme la base de ce gaz est absorbé, le calorique et la lumière deviennent libres et se dégagent. Toute combustion entraîne donc avec elle l'idée d'oxygénation, tandis qu'au contraire l'oxygénation n'entraîne pas essentiellement l'idée de combustion, puisque la combustion proprement dite ne peut avoir lieu sans un dégagement de lumière et de calorique. Il faut, pour que la combustion s'opère, que la base du gaz oxygène ait plus d'affinité avec le corps combustible qu'elle n'en a avec le calorique ; or cette attraction élective, pour me servir de l'expression de Bergman, n'a lieu qu'à un certain degré de température, qui même est différent pour chaque substance combustible ; de là la nécessité de donner le premier mouvement à la combustion par l'approche d'un corps chaud. Cette nécessité d'échauffer le corps qu'on se propose de brûler tient à des considérations qui n'ont encore fixé l'attention d'aucun physicien, et auxquelles je demande la permission de m'arrêter quelques instants ; on verra qu'elles ne s'éloignent pas de mon sujet.

L'état actuel où nous voyons la nature est un état d'équilibre auquel elle n'a pu arriver qu'après que toutes les combustions spontanées possibles au degré de chaleur dans lequel nous vivons, toutes les oxygénations possibles, ont eu lieu. Il ne peut donc y avoir de nouvelles combustions ou oxygénations qu'autant qu'on sort de cet état d'équilibre et qu'on transporte les substances combustibles dans une température plus élevée. Eclaircissons par un exemple ce que cet énoncé peut présenter d'abstrait. Supposons que la température habituelle de la terre changeât d'une très petite

Digitized by Google

quantité, et qu'elle devînt seulement égale à celle de l'eau bouillante : il est évident que le phosphore étant combustible beaucoup au-dessous de ce degré, cette substance n'existerait plus dans la nature dans son état de pureté et de simplicité ; elle se présenterait toujours dans l'état d'acide, c'est-à-dire oxygénée, et son radical serait au nombre des substances inconnues. Il en serait successivement de même de tous les corps combustibles, si la température de la terre devenait de plus en plus élevée ; et on arriverait enfin à un point où toutes les combustions possibles seraient épuisées, où il ne pourrait plus exister de corps combustibles, où tous seraient oxygénés et par conséquent incombustibles.

Revenons donc à dire qu'il ne peut y avoir pour nous de corps combustibles que ceux qui sont incombustibles au degré de température dans lequel nous vivons : ou, ce qui veut dire la même chose en d'autres termes, qu'il est de l'essence de tout corps combustible de ne pouvoir jouir de la propriété combustible qu'autant qu'on l'échauffe et qu'on le transporte au degré de chaleur où s'opère la combustion. Ce degré une fois atteint, la combustion commence, et le calorique qui se dégage par l'effet de la décomposition du gaz oxygène entretient le degré de température nécessaire pour la continuer. Lorsqu'il en est autrement, c'est-à-dire lorsque le calorique fourni par la décomposition du gaz oxygène n'est pas suffisant pour que le degré de chaleur nécessaire à la combustion se continue, elle cesse : c'est ce qu'on exprime lorsqu'on dit que le corps brûle mal, qu'il est difficilement combustible.

(*Traité élémentaire de chimie.*)

La fermentation vineuse.

Tout le monde sait comment se fait le vin le cidre, l'hy-

Digitized by Google

dromel et en général toutes les boissons fermentées spiritueuses. On exprime le jus des raisins et des pommes; on étend d'eau ce dernier ; on met la liqueur dans de grandes cuves, et on la tient dans un lieu dont la température soit au moins de 10 degrés du thermomètre de Réaumur. Bientôt il s'y excite un mouvement rapide de fermentation, des bulles d'air nombreuses viennent crever à la surface, et quand la fermentation est à son plus haut période, la quantité de ces bulles est si grande, la quantité de gaz qui se dégage est si considérable, qu'on croirait que la liqueur est sur un brasier ardent qui y excite une violente ébullition. Le gaz qui se dégage est de l'acide carbonique, et quand on le recueille avec soin, il est parfaitement pur et exempt du mélange de toute autre espèce d'air ou de gaz.

Le suc des raisins, de doux et de sucré qu'il était, se change, dans cette opération, en une liqueur vineuse qui, lorsque la fermentation est complète, ne contient plus de sucre, et dont on peut retirer par distillation une liqueur inflammable qui est connue dans le commerce et dans les arts sous le nom d'esprit-de-vin. On sent que cette liqueur étant un résultat de la fermentation d'une matière sucrée quelconque suffisamment étendue d'eau, il aurait été contre les principes de notre nomenclature de la nommer plutôt esprit-de-vin qu'esprit de cidre, ou esprit de sucre fermenté. Nous avons donc été forcés d'adopter un nom plus général, et celui d'*alcool*, qui nous vient des Arabes, nous a paru propre à remplir notre objet.

Cette opération est une des plus frappantes et des plus extraordinaires de toutes celles que la chimie nous présente, et nous avons à examiner d'où vient le gaz acide carbonique qui se dégage, d'où vient l'esprit inflammable qui se forme, et comment un corps doux, un oxyde végétal peut se transformer ainsi en deux substances si différentes, dont l'une est combustible, l'autre éminemment incombustible. On voit que, pour arriver à la solution de ces deux questions,

Digitized by Google

il fallait d'abord bien connaître l'analyse et la nature du corps susceptible de fermenter, et les produits de la fermentation : car rien ne se crée, ni dans les opérations de l'art ni dans celles de la nature, et l'on peut poser en principe que, dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération, que la qualité et la quantité des principes est la même, et qu'il n'y a que des changements, des modifications.

C'est sur ce principe qu'est fondé tout l'art de faire des expériences en chimie : on est obligé de supposer dans toutes une véritable égalité ou équation entre les principes du corps qu'on examine et ceux qu'on en retire par l'analyse. Ainsi puisque du moût de raisin donne du gaz acide carbonique et de l'alcool, je puis dire que le *moût de raisin* = *acide carbonique* + *alcool*. Il résulte de là qu'on peut parvenir de deux manières à éclaircir ce qui se passe dans la fermentation vineuse : la première en déterminant bien la nature et les principes du corps fermentescible ; la seconde, en observant bien les produits qui en résultent par la fermentation, et il est évident que les connaissances que l'on peut acquérir sur l'un conduisent à des conséquences certaines sur la nature des autres, et réciproquement.

(*Traité élémentaire de chimie.*)

Digitized by Google

BERTHOLLET

Les attractions chimique et astronomique.

Les puissances qui produisent les phénomènes chimiques sont toutes dérivées de l'attraction mutuelle des molécules des corps à laquelle on a donné le nom d'affinité pour la distinguer de l'attraction astronomique.

Il est probable que l'une et l'autre ne sont qu'une seule et même propriété ; mais l'attraction astronomique ne s'exerçant qu'entre des masses placées à une distance où la figure des molécules, leurs intervalles et leurs affections particulières n'ont aucune influence, les effets, toujours proportionnés à la masse et à la raison inverse du carré des distances, peuvent être rigoureusement soumis au calcul ; les effets de l'attraction chimique ou de l'affinité sont, au contraire, tellement altérés par les conditions particulières et souvent indéterminées, qu'on ne peut les déduire d'un principe général, mais qu'il faut les constater successivement. Il n'y a que quelques-uns de ces effets qui puissent être dégagés de tous les autres phénomènes pour se prêter à la précision du calcul.

C'est donc l'observation seule qui doit servir à constater les propriétés chimiques des corps, ou les affinités par lesquelles ils exercent une action réciproque dans une circonstance déterminée ; cependant, puisqu'il est très vraisemblable que l'affinité ne diffère pas dans son origine de l'attraction générale, elle doit être également soumise aux lois que la mécanique a déterminées pour les phénomènes dus à l'action des masses, et il est naturel de penser que, plus les principes auxquels parviendra la théorie chimique auront de généralité, plus ils auront d'analogie avec ceux de la mécanique ; mais ce n'est que par la voie de l'obser-

Digitized by Google

vation qu'ils doivent atteindre à ce dernier progrès que déjà l'on peut indiquer.

(*Statique chimique.* Introduction.)

Le blanchiment.

La chimie a fait dans ces derniers temps des progrès qui en rendent la connaissance très utile à la pratique de plusieurs arts ; mais celui qui a pour objet le blanchiment des fils et toiles par l'acide muriatique oxigéné [1] demande particulièrement un artiste auquel elle ne soit pas inconnue.

L'acide muriatique oxigéné est l'agent qu'on substitue dans ce blanchiment à l'air atmosphérique, qui exige de longues expositions sur le pré : il faut donc connaître ses propriétés pour pouvoir en diriger la préparation et les effets.

L'acide muriatique (acide marin) se combine avec l'oxigène, et par là il prend les propriétés de l'acide muriatique oxigéné ; mais pour que cette combinaison se fasse, l'oxigène doit avoir perdu l'état élastique : c'est ainsi qu'il se trouve dans l'oxide de manganèse (manganèse du commerce), et il y est en grande quantité. Lors donc qu'on mêle une partie d'oxide de manganèse avec quatre parties d'acide muriatique fumant ou six parties d'acide muriatique ordinaire, une portion de l'acide se combine avec l'oxide de manganèse, et tend à en dégager une partie de l'oxigène qui est superflue à cette combinaison, et qui se combinant immédiatement avec une autre portion de l'acide muriatique, forme ainsi l'acide muriatique oxigéné : on favorise et on complète l'opération par l'action de la chaleur. L'acide muriatique oxigéné prend en se formant l'état gazeux ; mais dans cet état il peut être dissout par l'eau, et la

1. Ancien nom du chlore.

Digitized by Google

liqueur qui en résulte est d'un jaune verdâtre et d'une odeur très pénétrante. Si la température approche du terme de la congélation de l'eau, le gaz acide muriatique oxigéné prend une forme concrète, et reste adhérent au tube qui le conduit dans l'eau où il se précipite, de sorte que la liqueur se trouve moins chargée qu'à une température un peu plus élevée.

Il est facile de se convaincre que l'oxide de manganèse contient beaucoup d'oxigène; car en le poussant à un grand feu, il en dégage une grande quantité; après cette opération, l'oxide ne peut produire que très peu d'acide muriatique oxigéné.

On peut aussi facilement acquérir la preuve de l'existence de l'oxigène dans l'acide muriatique oxigéné. On n'a qu'à exposer à la lumière du soleil un flacon rempli de cette liqueur, lequel se prolonge par le moyen d'un tube recourbé sous un récipient rempli d'eau : on voit bientôt s'en dégager des bulles qui passent dans le récipient, et qui y forment un fluide élastique qui a toutes les propriétés de l'air pur, ou gaz oxigène. Lorsque ces bulles ont cessé de se dégager, la liqueur a perdu ses couleurs, son odeur et toutes ses propriétés distinctives ; ce n'est plus qu'une eau imprégnée d'acide muriatique ordinaire. La composition et la décomposition prouvent donc également que l'acide muriatique oxigéné est une simple combinaison de l'acide muriatique et de l'oxigène; mais la prompte décomposition par la lumière fait voir que l'oxigène abandonne très facilement l'acide muriatique, soit pour prendre l'état élastique, soit pour entrer dans d'autres combinaisons, et c'est de là que dépendent les propriétés caractéristiques de l'acide muriatique oxigéné.

Si l'on plonge dans l'acide muriatique oxigéné des couleurs végétales, elles disparaissent plus ou moins promptement, et lorsqu'il se trouve un mélange de différentes parties colorantes, les unes disparaissent plus ou moins

Digitized by Google

facilement que les autres qui ont éprouvé cependant une altération plus ou moins avancée. Lorsque l'acide muriatique oxigéné a épuisé ainsi son action, il se trouve ramené à l'état d'acide muriatique ordinaire : les matières colorantes lui ont donc enlevé l'oxigène. Si on fait évaporer la liqueur pour examiner dans quel état ont été réduites les parties colorantes, on trouve qu'elle laisse un résidu noirâtre, et que ces parties ont subi les effets d'une légère combustion.

C'est aussi de cette manière que les couleurs sont détruites plus ou moins promptement par l'action de l'air, surtout lorsqu'elle est favorisée par la lumière solaire, comme on l'a vu déjà ; de sorte que l'acide muriatique oxigéné produit facilement et promptement les effets que l'air et la lumière peuvent produire dans un plus long espace de temps, parce que l'oxigène privé en partie de son élasticité et peu adhérent à l'acide, entre facilement en combinaison avec les substances qui ont de l'affinité avec lui.

Les filaments du lin et du chanvre sont enveloppés de parties colorantes, qui y sont retenues par une véritable combinaison et qui couvre leur blancheur ; mais lorsque ces parties colorantes se sont combinées avec l'oxigène, elles se trouvent réduites à un terme de décomposition où elles sont devenues solubles par les alcalis, de sorte que la potasse à laquelle la lessive doit son action, les dissout et les sépare des filaments : en répétant plusieurs fois l'exposition sur le pré, ou l'immersion dans l'acide muriatique oxigéné et l'action des lessives, on sépare toutes les parties colorantes des filaments qui jouissent alors de leur blancheur. Le fil perd, par ces opérations, près du tiers de son poids.

Si on verse un acide sur la dissolution des parties colorantes qui a été faite par la potasse, et si on fait sécher le précipité qui s'est formé et qu'on a retenu sur un filtre, il est noirâtre et il a l'apparence d'un corps qui a éprouvé une

Digitized by Google

légère combustion et qui s'est charbonné ; la lessive qui est saturée de parties colorantes, a perdu toute son action. Ce qu'on dit ici de la potasse, doit également s'appliquer à la soude.

Le fil qui a été blanchi par le procédé ordinaire ou par celui qu'on a décrit, a perdu une partie de sa force, de sorte qu'il ne soutiendrait plus le même poids qu'avant le blanchiment ; mais l'une et l'autre opération étant faite avec un soin égal, le fil qui a été blanchi par le moyen de l'acide muriatique oxigéné, conserve plus de force que celui qui l'a été par l'exposition sur le pré, et la raison en est que les lessives ont été moins nombreuses et les opérations beaucoup moins longues.

(*Éléments de l'art de la teinture.*)

Digitized by Google

BIOT

Prolongement de la méridienne[1].

A de si grandes distances, des signaux de jour auraient été complètement invisibles. On devait y suppléer par des lampes à courant d'air, derrière lesquelles on plaçait de grands miroirs de métal poli pour réfléchir la lumière ; et toutes les observations devaient se faire de nuit. Mais malgré tant de précautions, la chose était-elle possible, et la clarté de quelques lampes pourrait-elle percer à travers une si grande profondeur d'air? Voilà ce qui n'était nullement certain, et ce dont nous n'avions malheureusement que trop de raisons de douter.

Quelque effrayants que fussent ces obstacles, nous ne perdîmes point courage : nous résolûmes d'établir nos stations sur les montagnes les plus hautes, d'où les feux pouvaient le plus aisément être aperçus ; d'y rester obstinément plusieurs mois, s'il le fallait, et d'attendre tout du hasard, d'une nuit favorable, d'un temps calme, d'un ciel parfaitement serein.

Pour exécuter ce plan avec sûreté et promptitude, nous nous partageâmes les préparatifs. M. Arago alla établir notre cabane et nos cercles sur la montagne du *Desierto de las Palmas* que Méchain avait choisie pour l'un des sommets du grand triangle... Pour moi, je passai dans l'île d'Ivice avec M. Rodriguez... Nous en distinguâmes une (une montagne) appelée Campvey, qui réunissait les avantages d'être plus au nord que toutes les autres, d'être aussi plus élevée, plus isolée, et dont le sommet chauve, tout formé d'un calcaire

1. Biot et Arago furent chargés, après Delambre et Méchain, de prolonger la méridienne française jusqu'aux îles Baléares.

Digitized by Google

blanchâtre, devait être surtout facile à reconnaître de loin. Du haut de cette montagne, on voyait aussi la petite île de Formentera, dans le Sud, à vingt-cinq minutes de distance. En liant cette île à nos triangles, on prolongeait l'arc de toute cette quantité.

. . . . . .

Dès que je fus de retour en Espagne, je courus retrouver M. Arago sur le sommet du *Desierto de las Palmas*. J'espérais qu'il aurait déjà vu et observé plusieurs fois nos signaux ; mais cette espérance devait être vaine, et nous devions attendre longtemps encore avant de les apercevoir.

Cette épreuve était d'autant plus fâcheuse, que les nuits avaient été très claires, et que l'on avait vu plusieurs fois, les montagnes d'Ivice s'élever dans le lointain, au-dessus de l'horizon de la mer, distinctes et bien déterminées. Si l'on n'avait pas vu les feux, il y avait bien sujet de croire qu'ils n'étaient pas visibles, et qu'on ne les découvrirait jamais davantage. Pour surcroît de malheur, un de nos cercles que nous avions apporté de Paris, s'était trouvé brisé quand on avait voulu le déballer sur la montagne. Il ne nous en restait plus qu'un seul construit par M. Lenoir : c'était le plus grand, à la vérité, et le meilleur pour observer à de grandes distances ; mais en supposant que nous pussions observer les feux d'Ivice, si ce dernier cercle venait aussi à se briser en le transportant sur d'autres montagnes, tout était fini, et l'opération était perdue. Ainsi les circonstances les plus défavorables se réunissaient contre nous.

Nous demeurâmes dans cette incertitude depuis le milieu du mois d'octobre, jusqu'au milieu de décembre, restant obstinément sur notre montagne, veillant toutes les nuits ; n'ayant le jour d'autre société que quelques aigles qui venaient planer autour de notre habitation, ou de pauvres chartreux d'un couvent situé à 200 toises au-dessous de notre hermitage, qui s'échappaient quelquefois dans leurs

Digitized by Google

promenades pour venir causer un instant avec nous. Déjà nous avions vu passer l'époque à laquelle nous aurions dû nous rendre dans Ivice pour faire les observations de latitude. Il était déjà décidé que cette opération, que l'on avait espéré terminer dans un hiver, durerait au moins deux années, si pourtant elle était possible.

Combien de fois, assis au pied de notre cabane, les yeux fixés sur la mer, n'avons-nous pas réfléchi sur notre situation, et rassemblé les chances qui pouvaient nous être favorables ou contraires ! Combien de fois en voyant les nuages s'élever du fond des vallées, et monter en rampant sur le flanc des rochers jusqu'à la cime où nous étions, n'avons-nous pas recherché dans leurs oscillations les présages heureux ou malheureux d'un ciel couvert ou serein? On a dit, avec vérité, que l'aspect des lieux prend une couleur agréable ou sombre, selon les sentiments dont l'âme est agitée. Nous l'éprouvions bien fortement alors. De la porte de notre cabane nous avions une des plus belles vues du monde : à notre gauche, mais fort au-dessous de nous, le cap Oropeza élevait dans les airs ses aiguilles qui servent de signaux aux navigateurs ; derrière nous, en se prolongeant dans l'ouest, s'étendaient les chaînes de montagnes noirâtres, qui, comme un rideau, abritent le royaume de Valence du côté du nord, et conservent à cet heureux climat la douce température dont il jouit. Sur notre droite, à l'autre extrémité du golfe, le Mongo sortait du sein de la mer, semblable à une île éloignée ; tandis qu'à nos pieds, on voyait le long de la mer ces belles et fertiles îles de Valence, vaste jardin entrecoupé de mille ruisseaux, et tout couvert d'oliviers, d'orangers, de citronniers dont la verdure éternelle formait le plus doux contraste avec les sommets blancs des montagnes neigées... Mais ces beautés que notre imagination nous retrace aujourd'hui avec tant de charmes, n'avaient alors pour nous aucun attrait. Tout remplis de la seule idée qui nous occupait, nous ne son-

Digitized by Google

gions, nous ne pouvions songer qu'à nos travaux, et aux invincibles obstacles qui, nous arrêtant au commencement de notre entreprise, nous ôtaient les moyens et jusqu'à l'espoir de la terminer. Tantôt nous pensions que les miroirs avaient été mal dirigés, ou que quelque coup de vent avait emporté la cabane et l'avait jetée dans la mer; car nous avions déjà perdu plusieurs tentes par de semblables accidents, et nous n'avions pu en préserver notre pauvre cabane qu'en passant par dessus des câbles, et la liant au rocher. Quelquefois l'approche d'une belle nuit nous remplissait d'espoir; mais cet espoir était toujours trompé.

Enfin, après deux mois de séjour et de tentatives, nous imaginâmes un moyen simple et décisif pour lever toutes nos incertitudes, et pour découvrir sûrement nos signaux, si toutefois il était possible qu'on les aperçût. Nous plaçâmes le plan de notre cercle dans une situation horizontale; puis, au coucher du soleil, un soir que le ciel était parfaitement serein, et que le beau temps et l'absence de la lune promettaient une nuit profondément obscure, nous promenâmes lentement l'une de nos lunettes le long de l'horizon de la mer, jusqu'à ce qu'elle rencontrât les montagnes d'Ivice qui s'élevaient au-dessus de cet horizon à d'inégales hauteurs. Après les avoir longtemps examinées, nous choisîmes la plus haute, la plus au nord, celle dont le sommet nous paraissait le plus découvert, celle, en un mot, dont l'aspect et la forme ressemblaient davantage à ce que j'avais remarqué dans la montagne de Campvey. Certains que c'était là le lieu précis où étaient placés nos feux, nous fixâmes la lunette dans cette position et nous attendîmes avec une vive impatience que la nuit devenue tout à fait sombre nous permît de les distinguer. Cette fois notre espérance fut satisfaite : nous aperçûmes dans le champ de la lunette un point lumineux, très petit, presque imperceptible, semblable à une étoile de cinquième ou de sixième grandeur, mais qui se distinguait d'une étoile par

Digitized by Google

son immobilité. C'était donc à cela que se réduisait la vive et brillante lumière de nos lampes ; pouvions-nous être surpris de ne l'avoir pas distinguée dans nos lunettes ; en les promenant au hasard sur le ciel, pendant la nuit ?

(*Mélanges scientifiques et littéraires*. T. I.)

Au Muséum.

Entrez avec moi dans cet établissement magnifique, où toutes les productions de la nature, depuis les plus communes jusqu'aux plus rares, sont rassemblées de tous les points de la terre et des mers. Combien de voyageurs ont exposé leur vie, pour offrir à vos regards ce monument de civilisation inconnu à tous les peuples de l'antiquité ! Dans une de ces galeries, j'aperçois un savant vénérable par son âge et son caractère : son imagination, ornée par l'étude des lettres, ajoute un nouvel éclat aux découvertes dont il enrichit la science qu'il cultive. Que fait-il ? à quoi applique-t-il en ce moment cet esprit fin et ingénieux qui le distingue ? Je le vois occupé à examiner les angles d'un cristal. Il les mesure et les mesure encore ; il semble craindre que l'instrument dont il se sert n'ait pas, à son gré, assez d'exactitude [1]. A quoi tendent ces soins minutieux ? Comment un esprit cultivé peut-il se laisser captiver par une étude aussi aride ? Mais il nous a vus, et il nous accueille avec sa bienveillance ordinaire ; lui-même consent à nous servir de guide. En nous montrant ces minéraux rangés par ses soins, il nous fait apercevoir entre leurs formes des rapports que nous n'avions pas remarqués ; il nous apprend comment tous les cristaux d'une même substance, quelle que soit leur configuration extérieure, peuvent se reconnaître à de certains caractères tirés de leurs

1. Il s'agit de Haüy.

Digitized by Google

angles, et sont tous composés de petites particules de même forme arrangées diversement. Alors, cette multitude de pierres, qui n'avaient d'abord attiré nos regards que par la variété de leurs apparences, et l'éclat de leurs couleurs, deviennent pour nous d'un bien autre intérêt. Nous y voyons toute la partie solide du globe réduite à un petit nombre de substances simples différemment groupées; nous parvenons même à deviner, d'après la seule observation de leur structure, la différence ou l'identité de leur composition intime; et, par l'ordre suivant lequel elles se mêlent ou se succèdent dans l'intérieur de la terre à diverses profondeurs, nous acquérons quelques lumières sur l'état où devait être la surface du globe dans les premiers âges du monde. Nous concevons alors qu'on peut mettre de l'importance à mesurer les angles d'un cristal avec exactitude, et que la minéralogie ainsi envisagée peut plaire à un esprit cultivé, peut faire le bonheur d'un homme de génie.

A quelques pas de là, une autre scène s'offre à nos regards. Ici se trouvent les dépouilles de tous les êtres organisés, depuis le squelette de l'éléphant, de l'aigle et de la baleine, jusqu'à celui du moindre reptile. Au milieu de ces débris de la vie, je vois un anatomiste [1] profondément occupé à étudier la forme d'un os qu'il vient de tirer d'une masse pierreuse où il était caché; il en examine attentivement les contours et les dessine avec exactitude; il en mesure minutieusement les sommets et les cavités. Cette étude attache sa pensée et l'absorbe tout entière. Que peut-elle donc avoir qui l'intéresse et de quelle importance sont de si petits détails? Mais bientôt nous le voyons présenter ainsi plusieurs ossements les uns aux autres, par les faces qui se rapportent et qu'il a si bien déterminées; il cherche ceux qui se joignent et les distingue parmi tous les autres. De ces

1. Le grand Cuvier.

Digitized by Google

ossements dispersés, il recompose des portions d'animaux, et même des animaux tout entiers, non tels que les pourrait inventer une imagination bizarre, mais tels qu'ils ont dû être réellement, d'après les rapports naturels et nécessaires de leurs parties. Alors, en les comparant avec les espèces qui vivent à présent sur la terre, il nous découvre une infinité de différences dans la forme des os, leur longueur, leur arrangement. Il nous prouve que parmi ces différences, il en est de trop intimes, de trop essentiellement liées au plan général de l'organisation, pour avoir été l'effet d'un accident passager ou d'une dégradation progressive, en sorte qu'elles annoncent et constituent des races réellement distinctes. Il faut donc, nous dit-il, qu'une vaste catastrophe ait englouti ces races, et déposé, autour de leurs ossements, ces sépulcres de craie ou de plâtre où nous les trouvons ensevelis. Cette catastrophe a été suivie et précédée de plusieurs révolutions non moins puissantes, car au-dessus et au-dessous des bancs de craie, on trouve d'épaisses couches toutes remplies des produits de la mer. La mer les a abandonnées et elles ont été de nouveau peuplées par des races terrestres que d'autres catastrophes ont encore englouties. Enfin, la dernière révolution a été subite, car quelques individus appartenant à ces races ont été enfouis avec leur chair, leur peau et leur poil, dans les glaces de la Sibérie. Ce sol que nous habitons, ce sol maintenant chargé de palais et couvert de cités populeuses, a été ainsi plusieurs fois inondé par les flots d'un autre Océan. Sous ces mêmes plaines où paissent maintenant nos troupeaux, vivaient autrefois des générations d'éléphants et de tapirs, habitant des forêts de palmiers avec d'autres animaux maintenant particuliers au continent d'Amérique. Ainsi, le sol, le climat, les êtres vivants, tout a changé de face et a changé plusieurs fois. Si nous demandons où l'homme était alors, on nous répond qu'on ne trouve de lui aucune trace, et qu'il est vraisemblable qu'il n'existait pas

Digitized by Google

encore sur la terre. L'histoire de toutes les nations, interrogée sur ces grands événements, confirme leur antiquité par son silence. Seulement, le souvenir confus d'un ancien cataclysme, universellement répandu par toute la terre, semble placer l'origine de la société humaine peu de temps après la dernière révolution. Voilà où mène l'observation de quelques anfractuosités mesurées avec exactitude; voilà comme les plus petites choses sont enchaînées dans l'univers.

(*Mélanges scientifiques et littéraires.* T. II.)

Hypothèses de coordination.

Le véritable objet des sciences physiques n'est pas la recherche des causes premières, mais les recherches des lois suivant lesquelles les phénomènes sont produits. Lorsqu'on explique les mouvements des corps célestes par le principe de la pesanteur, on ne considère point ce principe comme une qualité occulte, naturellement inhérente à la matière, mais comme une loi générale suivant laquelle les phénomènes ont lieu réellement ; et cette loi une fois prouvée par les faits, on s'en sert comme d'un moyen de découverte pour trouver les rapports mutuels de tous les phénomènes, pour en prévoir les époques et la durée, non pas d'une manière incertaine et vague, mais numériquement et avec la dernière précision. L'attraction universelle, ainsi établie, ainsi vérifiée, devient elle-même un fait. La cause seule en est occulte, et les mathématiciens ne sont pas logiquement obligés de la définir, parce qu'ils n'ont aucun besoin de la connaître pour découvrir et assigner les lois particulières des phénomènes, qui seuls ont de l'intérêt pour nous. Déduire ainsi des observations et de l'expérience un petit nombre de lois générales, ou principes de mouvements, et expliquer ensuite comment les choses observa-

Digitized by Google

bles découlent de ces principes, rigoureusement et avec les mêmes rapports numériques que nous leur trouvons, ce serait le dernier degré de perfection de la philosophie naturelle.

Malheureusement les diverses parties de cette science sont encore bien éloignées d'une telle perfection ; car non seulement il y a beaucoup de phénomènes dont les lois physiques nous sont inconnues, mais il en est dont la production même est pour nous une énigme impénétrable, parce que tantôt ils semblent immédiatement produits par des forces mécaniques qui agissent simplement comme principes de mouvement, sans introduction d'aucune substance matérielle, et tantôt ils paraissent dus à des substances susceptibles de se combiner avec les corps ou de s'en dégager invisiblement, sans rien changer à leur poids. Tels sont les phénomènes que présentent l'électricité, le magnétisme et la chaleur.

Pour les expliquer, les physiciens ont imaginé certains fluides élastiques doués de propriétés attractives ou répulsives, et capables de pénétrer tous les corps ou seulement quelques-uns d'entre eux; c'est ce que l'on nomme le fluide électrique, le fluide magnétique, et le principe de la chaleur ou le calorique. Au moyen de ces suppositions, on peut, jusqu'à un certain point, représenter la plupart des phénomènes, c'est-à-dire montrer qu'ils sont des conséquences les uns des autres, et prévoir les effets que leur combinaison doit amener ; mais il en reste encore beaucoup qui se prêtent difficilement à ces explications, et d'autres y échappent entièrement.

Aussi les véritables physiciens admettent-ils la considération de ces fluides uniquement comme une hypothèse commode, à laquelle ils se gardent bien d'attacher des idées de réalité, et qu'ils sont prêts à modifier ou à abandonner entièrement dès que les faits s'y montreront contraires. Ainsi, ayant vu qu'un seul fluide ne suffisait pas

Digitized by Google

pour représenter exactement les phénomènes des attractions et des répulsions électriques, ils n'ont pas fait difficulté d'en admettre deux, dont ils ont défini convenablement les qualités, et qu'ils ont nommé fluide vitré, fluide résineux, du nom des deux électricités contraires. Encore, au moyen de ces deux fluides, ne peut-on pas assigner rigoureusement les lois de tous les phénomènes, parce que le calcul s'applique avec une difficulté extrême à ces suppositions de fluides qui se combinent ou se séparent, et même y répugne en certains points ; de sorte que l'on se trouve ainsi privé du seul flambeau qui pourrait guider avec certitude dans ces obscurités.

Dans la théorie du magnétisme, peut-être plus obscure encore, on s'est vu conduit à admettre aussi deux fluides, que l'on a nommés fluide boréal et fluide austral, par analogie pour les attractions magnétiques des deux hémisphères terrestres. Dans la théorie de la chaleur, on s'est jusqu'à présent borné à un seul principe ; mais on a considérablement multiplié ses propriétés et ses attributions. Dans la dilatation des corps, on a dû le considérer comme une force répulsive placée entre leurs particules. Dans les combinaisons chimiques, il a fallu le considérer comme une substance susceptible d'être absorbée, condensée ou dégagée. Enfin, dans sa transmission à distance, qui se fait suivant des lois analogues à celles de la lumière, il a fallu reconnaître un rayonnement lancé dans tous les sens, par les corps, avec une extrême rapidité. Cette hypothèse, due à Scheele et développée avec beaucoup de soin par M. Prévost, de Genève, satisfait très bien à la partie mécanique des phénomènes qu'elle embrasse. Mais de tout cela il résulte que sur la *nature* même du calorique, nous ne savons absolument rien de précis ; car si elle nous était connue, toutes ces modifications diverses découleraient d'une même source, et l'on ne serait pas obligé de les imaginer successivement pour chaque classe de faits : encore

Digitized by Google

en est-il, comme les lois de l'élasticité des gaz, qui restent inexplicables, malgré toutes ces suppositions. C'est pour cela qu'en rendant compte dernièrement des *Conversations sur la chimie*[1], j'ai dit qu'à mon gré, l'auteur aurait mieux fait de donner moins d'importance à la théorie du calorique considéré comme matière, et surtout de l'exposer avec plus de restrictions. Car si les physiciens qui ont réfléchi sur l'ensemble des phénomènes savent apprécier ces hypothèses, c'est l'expérience qui leur donne cette réserve, et on ne doit pas l'attendre de jeunes esprits, naturellement portés à généraliser tout. Il faut donc toujours, mais principalement dans un ouvrage élémentaire de chimie, présenter ces hypothèses pour ce qu'elles sont, de peur que les élèves, séduits par l'attrait des *explications*, ne les prennent pour des *réalités*.

(*Mélanges scientifiques et littéraires*. T. II.)

1. L'auteur de ce livre est Mme Marcet. Voir notre livre : *Les Femmes dans la Science*.

Digitized by Google

ANDRÉ-MARIE AMPÈRE

L'électromagnétisme (1821-1822).

L'histoire des Sciences nous offre des époques marquées par des découvertes fécondes qui amènent à leur suite une multitude d'autres découvertes. Telle fut à la fin du dernier siècle, celle où Volta inventa l'instrument que la juste reconnaissance du monde savant a consacré à son auteur, en lui donnant le nom de *pile voltaïque*.

Cet instrument est composé d'un certain nombre de plaques de deux métaux différents, qui alternent entre elles, et avec une substance liquide, de manière que, d'une extrémité de l'appareil à l'autre, les deux métaux et le liquide se suivent toujours dans le même ordre.

La première et la dernière plaque portent chacune un fil métallique : tant que ces fils restent séparés, ils présentent tous les caractères des corps électrisés ; mis à la fois en contact avec un corps susceptible de décomposition, leur action devient un des plus puissants moyens d'analyse, et la Chimie doit à l'emploi de ce moyen de nouvelles substances et des idées plus justes sur la nature des principaux matériaux du globe que nous habitons ; enfin lorsque ces deux fils sont intimement unis, les phénomènes purement électriques et les phénomènes chimiques disparaissent, mais l'électricité qui parcourt alors les fils d'un mouvement continu avec une inconcevable rapidité manifeste son activité par de nouveaux effets qui ne sont pas moins remarquables. L'élévation de la température de ces fils, leur incandescence, leur combustion étaient les seuls qu'on eût remarqués quand M. Œrsted[1], en découvrant que les mêmes

1. Physicien danois (1774-1851).

Digitized by Google

fils exercent, dans ce cas, un nouveau genre d'action, différent à tous égards des attractions et des répulsions produites par l'électricité ordinaire, a pour jamais attaché son nom à une nouvelle époque qui sera peut-être marquée dans l'histoire des Sciences, par des résultats aussi nombreux et aussi importants que ceux qu'elles ont dûs à la découverte de Volta.

On donne ordinairement à ce nouveau genre d'action le nom d'*action électromagnétique*, parce que, dans le premier exemple d'une telle action, celui qu'a observé M. Œrsted, elle s'exerce entre un aimant et le fil conducteur de l'électricité qui joint les deux extrémités de la pile.

. . . . . .

Sir H. Davy, ayant remarqué que les différents métaux ne conduisent pas le courant électrique avec une égale facilité, a mesuré, par des moyens simples et précis, les divers degrés de leur faculté conductrice. Il a déterminé l'influence de la température sur les effets de la pile ; il a montré que dans le cas où le courant voltaïque traverse, sous la forme d'une gerbe lumineuse, de l'air raréfié, il est attiré ou repoussé par un barreau aimanté de la même manière que quand il est conduit par un fil métallique. Cette expérience est d'autant plus remarquable qu'elle confirme l'ingénieuse explication qu'a donnée M. Arago du singulier et brillant phénomène des aurores boréales. Enfin voici un dernier fait que le savant physicien anglais vient de découvrir : quand on place un barreau fortement aimanté dans une position verticale, au-dessus ou au-dessous d'une coupe qui contient du mercure où plongent deux conducteurs mis en communication avec les extrémités de la pile, il se forme un tourbillon autour de chaque conducteur.

M. Faraday, à qui la Chimie doit l'importante découverte des chlorures de carbone, a fait connaître entre un aimant et un conducteur voltaïque, une action toute différente dans ses effets de celle qu'a découverte M. Œrsted ; elle

Digitized by Google

s'en rapproche seulement en ce qu'on peut les déduire toutes deux de la loi générale à laquelle j'ai tenté de ramener tous les phénomènes électromagnétiques. Cette action produit un mouvement de révolution qui se continue toujours dans le même sens. Ce mouvement s'observe également dans un conducteur libre de se mouvoir autour d'un aimant fixe, et dans un aimant que l'on rend mobile en le faisant flotter sur du mercure. L'aimant tourne alors autour du point où le conducteur est en contact avec le mercure.

(*Journal de physique*. T. XCIV.)

La théorie de l'électrodynamisme.

L'époque que les travaux de Newton ont marquée dans l'histoire des Sciences n'est pas seulement celle de la plus importante des découvertes que l'homme ait faites sur les causes des grands phénomènes de la nature, c'est aussi l'époque où l'esprit humain s'est ouvert une nouvelle route dans les sciences qui ont pour objet l'étude de ces phénomènes.

Jusqu'alors on avait presque exclusivement cherché les causes dans l'impulsion d'un fluide inconnu qui entraînait les particules matérielles suivant la direction de ses propres particules ; et partout où l'on voyait un mouvement révolutif, on imaginait un tourbillon dans le même sens.

Newton nous a appris que cette sorte de mouvement doit, comme tous ceux que nous offre la nature, être ramené par le calcul à des forces agissant toujours entre deux particules matérielles suivant la droite qui les joint, de manière que l'action exercée par l'une d'elles sur l'autre soit égale et opposée à celle que cette dernière exerce en même temps sur la première, et qu'il ne puisse, par conséquent, lorsqu'on suppose ces deux particules liées invariablement entre elles, résulter aucun mouvement de leur

Digitized by Google

action mutuelle. C'est cette loi, confirmée aujourd'hui par toutes les observations, par tous les calculs, qu'il exprima dans le dernier des trois axiomes qu'il plaça au commencement des *Philosophiæ naturalis principia mathematica.* Mais il ne suffisait pas de s'être élevé à cette haute conception, il fallait trouver suivant quelle loi ces forces varient avec la situation respective des particules entre lesquelles elles s'exercent, ou, ce qui revient au même, en exprimer la valeur par une formule.

Newton fut loin de penser qu'une telle loi pût être inventée en partant de considérations abstraites plus ou moins plausibles. Il établit qu'elle devait être déduite des faits observés, ou plutôt de ces lois empiriques qui, comme celles de Képler, ne sont que les résultats généralisés d'un grand nombre de faits.

Observer d'abord les faits, en varier les circonstances autant qu'il est possible, accompagner ce premier travail de mesures précises pour en déduire des lois générales, uniquement fondées sur l'expérience, et déduire de ces lois, indépendamment de toute hypothèse sur les forces qui produisent les phénomènes, la valeur mathématique de ces forces, c'est-à-dire la formule qui les représente, telle est la marche qu'a suivie Newton. Elle a été, en général, adoptée en France par les savants auxquels la Physique doit les immenses progrès qu'elle a faits dans ces derniers temps, et c'est elle qui m'a servi de guide dans toutes mes recherches sur les phénomènes électrodynamiques. J'ai consulté uniquement l'expérience pour établir les lois de ces phénomènes, et j'en ai déduit la formule qui peut seule représenter les forces auxquelles ils sont dus; je n'ai fait aucune recherche sur la cause même qu'on peut assigner à ces forces, bien convaincu que toute recherche de ce genre doit être précédée de la connaissance purement expérimentale des lois, et de la détermination, uniquement déduite de ces lois, de la valeur des forces élémentaires

Digitized by Google

dont la direction est nécessairement celle de la droite menée entre les points matériels entre lesquels elles s'exercent. C'est pour cela que j'ai évité de parler des idées que je pouvais avoir sur la nature de la cause de celles qui émanent des conducteurs voltaïques... Il ne paraît pas que cette marche, la seule qui puisse conduire à des résultats indépendants de toute hypothèse, soit préférée par les physiciens du reste de l'Europe, comme elle l'est par les Français ; et le savant illustre qui a vu le premier les pôles d'un aimant transportés par l'action d'un fil conducteur dans des directions perpendiculaires à celle de ce fil en a conclu que la matière électrique tournait autour de lui et poussait ces pôles dans le sens de son mouvement, précisément comme Descartes faisait tourner la matière de ses tourbillons dans le sens des révolutions planétaires. Guidé par les principes de la philosophie newtonienne, j'ai ramené le phénomène observé par M. Œrsted, comme on l'a fait à l'égard de tous ceux que nous offre la nature, à des forces agissant toujours suivant la droite qui joint les deux particules entre lesquelles elles s'exercent ; et si j'ai établi que la même disposition ou le même mouvement de l'électricité qui existe dans le fil conducteur a lieu aussi autour des particules des aimants, ce n'est certainement pas pour les faire agir par impulsion à la manière d'un tourbillon, mais pour calculer, d'après ma formule, les forces qui en résultent entre ces particules et celles d'un conducteur ou d'un autre aimant, suivant les droites qui joignent deux à deux les particules dont on considère l'action mutuelle, et pour montrer que les résultats du calcul sont complètement vérifiés...

Le principal avantage des formules qui sont ainsi conclues immédiatement de quelques faits généraux, donnés par un nombre suffisant d'observations pour que la certitude n'en puisse être contestée, est de rester indépendantes, tant des hypothèses dont leurs auteurs ont pu s'aider

Digitized by Google

dans la recherche de ces formules, que de celles qui peuvent leur être substituées dans la suite. L'expression de l'attraction universelle déduite des lois de Képler ne dépend point des hypothèses que quelques auteurs ont essayé de faire sur la cause mécanique qu'ils voulaient lui assigner. La théorie de la chaleur repose réellement sur des faits généraux donnés immédiatement par l'observation; et l'équation déduite de ces faits, se trouvant confirmée par l'accord des résultats qu'on en tire et de ceux que donne l'expérience, doit être également reçue comme exprimant les vraies lois de la propagation de la chaleur, et par ceux qui l'attribuent à un rayonnement de molécules calorifiques, et par ceux qui recourent, pour expliquer le même phénomène, aux vibrations d'un fluide répandu dans l'espace; seulement, il faut que les premiers montrent comment l'équation dont il s'agit résulte de leur manière de voir, et que les seconds la déduisent des formules générales des mouvements vibratoires; non pour rien ajouter à la certitude de cette équation, mais pour que leurs hypothèses respectives puissent subsister. Le physicien qui n'a point pris de parti à cet égard admet cette équation comme la représentation exacte des faits, sans s'inquiéter de la manière dont elle peut résulter de l'une ou de l'autre des explications dont nous parlons; et si de nouveaux phénomènes et de nouveaux calculs viennent à démontrer que les effets de la chaleur ne peuvent être réellement expliqués que dans le système des vibrations, le grand physicien qui a le premier donné cette équation [1], et qui a créé pour l'appliquer à l'objet de ses recherches de nouveaux moyens d'intégration, n'en serait pas moins l'auteur de la théorie mathématique de la chaleur, comme Newton est celui de la théorie des mouvements planétaires, quoique cette dernière ne fût pas aussi complètement démontrée par ses

1. Joseph Fourier. V. p. 171.

Digitized by Google

travaux qu'elle l'a été depuis par ceux de ses successeurs.

Il en est de même de la formule par laquelle j'ai représenté l'action électrodynamique. Quelle que soit la cause physique à laquelle on veuille rapporter les phénomènes produits par cette action, la formule que j'ai obtenue restera toujours l'expression des faits. Si l'on parvient à la déduire d'une des considérations par lesquelles on a expliqué tant d'autres phénomènes, telles que les attractions en raison inverse du carré de la distance, celles qui deviennent insensibles à toute distance appréciable des particules entre lesquelles elles s'exercent, les vibrations d'un fluide répandu dans l'espace, etc., on fera un pas de plus dans cette partie de la Physique; mais cette recherche, dont je ne me suis pas encore occupé, quoique j'en reconnaisse toute l'importance, ne changera rien aux résultats de mon travail, puisque, pour s'accorder avec les faits, il faudra toujours que l'hypothèse adoptée s'accorde avec la formule qui les représente si complètement.

(*Mémoire inédit publié par la Société de physique.*)

Les classifications.

Aussitôt que l'homme a acquis un certain nombre de notions sur quelque objet que ce soit, il est porté naturellement à les disposer dans un ordre déterminé pour les mieux posséder, les retrouver, les communiquer au besoin. Telle est l'origine des classifications qui non seulement procurent à l'homme les avantages dont nous venons de parler, mais encore contribuent à augmenter la somme de ses connaissances relatives à chacun des objets dont il s'occupe, en l'obligeant à considérer cet objet sous différentes faces et en lui faisant découvrir de nouveaux rapports que sans cela il aurait pu ne pas apercevoir.

On a distingué deux sortes de classifications : les *natu-*

Digitized by Google

relles et les *artificielles*. Dans ces dernières, quelques caractères choisis arbitrairement servent à déterminer la place de chaque objet ; on y fait abstraction des autres, et les objets se trouvent par là même rapprochés ou éloignés souvent de la manière la plus bizarre. Dans les classifications naturelles, au contraire, on emploie concurremment tous les caractères essentiels aux objets dont on s'occupe, en discutant l'importance de chacun d'eux ; et les résultats de ce travail ne sont adoptés qu'autant que les objets qui présentent le plus d'analogie se trouvent toujours les plus rapprochés, et que les groupes des divers ordres qui en sont formés se trouvent aussi d'autant plus voisins qu'ils offrent des caractères plus semblables, de manière qu'il y ait toujours une sorte de passage plus ou moins marqué de chaque groupe au groupe qui le suit.

Par cela même que les classifications artificielles reposent sur des caractères dont le choix est arbitraire, on peut en imaginer à volonté. Mais ces différents systèmes, qui se succèdent et s'effacent comme les flots de la mer, loin de contribuer au progrès des sciences, ne servent trop souvent qu'à y porter une confusion fâcheuse. Leur principal inconvénient est de disposer ceux qui les suivent à n'examiner dans les objets que ce qui se rapporte au mode de classification qu'ils ont adopté. C'est ainsi que les disciples de Linné ne tenaient souvent compte, dans leurs descriptions des animaux et des végétaux, que des caractères relatifs au système de leur maître. Au contraire les classifications naturelles, précisément parce qu'elles emploient tous ceux qu'offrent ces objets, exigent qu'on en considère toutes les faces, qu'on en étudie tous les rapports, et conduisent ainsi à la connaissance la plus complète qu'il soit donné à l'homme d'atteindre.

Mais cette nécessité même d'étudier à fond les objets dont on s'occupe fait qu'à mesure qu'on découvre de nouveaux rapports il faut modifier les classifications, modifications

Digitized by Google

qui tendent de plus en plus à les rapprocher de la perfection, à laquelle elles ne pourraient parvenir que si l'homme n'ignorait rien de tout ce qui est relatif aux objets classés... Je me bornerai à remarquer combien la marche de celui qui cherche à faire une classification vraiment naturelle, diffère de la marche suivie par l'auteur d'une classification artificielle. Ce dernier, maître des caractères d'après lesquels il l'établit, choisit d'abord ceux des premières divisions successives ; l'autre, au contraire, doit commencer par les dernières subdivisions, composées d'individus moins nombreux et dont les analogies sont plus frappantes et plus aisées à déterminer. En réunissant celles de ces subdivisions qui se rapprochent le plus, il établit les divisions de l'ordre précédent et n'arrive ainsi qu'en dernier lieu aux grandes divisions par lesquelles le premier avait commencé. Ce n'est qu'après ce travail qu'il doit chercher à déterminer les caractères par lesquels il définira chaque groupe, de même que ce ne fut qu'après la distribution en familles naturelles, faite par Bernard de Jussieu, des genres déjà formés par Linné et ses prédécesseurs, qu'on dut s'occuper de la classification de ces familles, et chercher dans le nombre des cotylédons, dans l'insertion des étamines, dans la présence ou l'absence de la corolle, les caractères d'après lesquels on devait définir les groupes composant cette classification.

(*Essai sur la philosophie des sciences.* Indroduction.)

Divisions de la mécanique.

La cinématique doit renfermer tout ce qu'il y a à dire des différentes sortes de mouvements, indépendamment des forces qui peuvent les produire. Elle doit d'abord s'occuper de toutes les considérations relatives aux espaces parcourus dans les différents mouvements, aux temps

Digitized by Google

employés à les parcourir, à la détermination des vitesses d'après les diverses relations qui peuvent exister entre ces espaces et ces temps. Elle doit ensuite étudier les différents instruments à l'aide desquels on peut changer un mouvement en un autre; en sorte qu'en comprenant, comme c'est l'usage, ces instruments sous le nom de *machines,* il faudra définir une machine, non pas comme on le fait ordinairement « un instrument à l'aide duquel on peut changer la « direction et l'intensité d'une force donnée », mais bien « un instrument à l'aide duquel on peut changer la direc- « tion et la vitesse d'un mouvement donné ». On rend ainsi cette définition indépendante de la considération des forces qui agissent sur la machine ; considération qui ne peut servir qu'à distraire l'attention de celui qui cherche à en comprendre le mécanisme. Pour se faire une idée nette, par exemple, de l'engrenage à l'aide duquel l'aiguille des minutes d'une montre fait douze tours tandis que l'aiguille des heures n'en fait qu'un, est-ce qu'on a besoin de s'occuper de la force qui met la montre en mouvement ? L'effet de l'engrenage ne reste-t-il pas le même lorsque le mouvement est dû à une force quelconque autre que le moteur ordinaire ; quand c'est par exemple avec le doigt qu'on fait tourner l'aiguille des minutes ?...

A la cinématique doit succéder la science où l'on traite, au contraire, des forces indépendamment des mouvements, et que conformément à l'usage universellement reçu je désignerai sous le nom de *statique.* La statique ne doit venir qu'après la cinématique, parce que l'idée de mouvement est celle qui est donnée par l'observation immédiate, tandis que nous ne voyons pas les forces qui produisent les mouvements dont nous sommes témoins, et que nous ne pouvons même conclure leur existence que de celle des mouvements observés. Il convient d'ailleurs que les rapports des vitesses virtuelles aient déjà été calculés dans la cinématique pour que la statique puisse s'en servir à déterminer

Digitized by Google

les conditions d'équilibre des différents systèmes de force.

Après que la cinématique a étudié les mouvements indépendamment des forces, et que la statique a traité de ces dernières indépendamment des premiers, il reste à les considérer simultanément, à comparer les forces aux mouvements qu'elles produisent, et à déduire de cette comparaison les *lois générales du mouvement* d'après lesquelles, les mouvements étant donnés, on calcule les forces capables de les produire, ou, au contraire, on détermine les mouvements quand on connaît les forces. Ces deux problèmes généraux et les lois dont nous venons de parler constituent une science à laquelle on a donné le nom de dynamique, que je lui conserverai.

(*Essai sur la philosophie des sciences.* T. I.)

Digitized by Google

MALUS

La double réfraction.

Les substances cristallisées réfractent et réfléchissent en général la lumière suivant la même loi que les milieux diaphanes ordinaires ; mais la plupart d'entre elles lui impriment une nouvelle modification qui multiplie singulièrement les phénomènes. Lorsqu'un rayon lumineux pénètre dans ces substances, il se divise en deux faisceaux dont l'un suit la loi de la réfraction ordinaire, et l'autre subit une réfraction extraordinaire soumise à une loi différente. De même, lorsqu'un rayon se réfléchit dans l'intérieur de ces corps, il se divise en deux faisceaux, dont l'un suit la loi de la réflexion ordinaire, et l'autre suit une loi analogue à celle de la réfraction extraordinaire.

Lorsque la lumière pénètre dans une substance diaphane ordinaire, le carré de sa vitesse est augmenté ou diminué d'une quantité constante ; en sorte que dans un même milieu cette vitesse est constamment la même, quelle que soit la direction du rayon.

Lorsqu'elle est réfléchie dans un milieu diaphane ordinaire, la vitesse du rayon réfléchi est égale à celle du rayon incident.

Dans la réfraction extraordinaire, le carré de la vitesse de la lumière est égal au carré de celle qui est réfractée ordinairement, moins une quantité proportionnelle au carré du sinus de l'angle compris entre l'axe du cristal et la direction du rayon réfracté extraordinaire.

Dans la réflexion extraordinaire, le carré de la vitesse de la lumière est égal au carré de celle qui est réfléchie ordinairement, moins une quantité proportionnelle au carré du

Digitized by Google

MALUS

Digitized by Google

Digitized by Google

sinus de l'angle compris entre l'axe du cristal et le rayon réfléchi extraordinaire.

L'expression de ces lois, jointe aux principes généraux de la mécanique, conduit, avec le seul secours de l'analyse, à la connaissance et au développement des nombreux phénomènes de l'optique.

Mon principal objet, dans cet ouvrage, est d'établir les lois de la réfraction et de la réflexion extraordinaires, de développer leurs conséquences et d'en déduire les principaux phénomènes que présentent les substances cristallisées. Cependant, comme ce sujet se rattache souvent aux phénomènes ordinaires de l'optique, je commencerai par analyser les lois de la réfraction et de la réflexion ordinaires.

Dans la première partie, je déduis d'une analyse uniforme et générale les diverses circonstances de la propagation de la lumière ; je fais ensuite l'application de cette théorie à la catoptrique et à la dioptrique ordinaires ; je détermine le lieu, la forme et la grandeur des images réfléchies ou réfractées, ainsi que l'intensité de la lumière qui émane de chacun de leurs points ; et comme je n'introduis dans le calcul aucune restriction qui puisse diminuer sa généralité, l'application de mes formules donne la mesure exacte des phénomènes.

Dans la seconde partie, j'établis, par une suite nombreuse d'expériences, les lois de la réfraction et de la réflexion extraordinaires ; je rattache à ces lois des phénomènes qui semblaient leur échapper et faire une exception particulière ; je montre l'accord constant des expériences avec les résultats de la théorie, et je développe les circonstances qui déterminent cette singulière modification de la lumière.

. . . . . .

Lorsque l'Institut a appelé l'attention des physiciens sur la question de la double réfraction (1808) que la différence d'opinion des plus grands géomètres rendait indécise,

Digitized by Google

j'ai commencé par observer et mesurer une longue série de phénomènes sur des faces naturelles et artificielles du spath d'Islande. En vérifiant ensuite sur ces observations les différentes lois proposées jusqu'à ce jour par les physiciens, j'ai été frappé de l'accord admirable de celle de Huyghens avec les phénomènes, et j'ai été promptement convaincu que cette loi était réellement celle de la Nature. En développant les formules analytiques dans lesquelles il est nécessaire de traduire cette loi pour comparer ses résultats à ceux de l'expérience, j'ai trouvé qu'elle satisfaisait non seulement à tous les phénomènes que ce grand géomètre avait observés, mais encore à ceux qui avaient échappé à ses recherches, tels que les réfractions multiples et les réflexions extraordinaires.

. . . . . .

Ainsi, après un siècle de recherches et de discussions sur cette matière, une connaissance plus parfaite des phénomènes nous ramène à admettre, comme incontestable, cette loi remarquable que l'autorité de Newton avait fait méconnaître, et replace une des plus belles découvertes de Huyghens au rang qu'elle doit occuper dans le système de nos connaissances.

(*Théorie de la double réfraction de la lumière.*)

La peste.

Une fièvre ardente et de violents maux de tête me forcèrent de rester en repos ; une dysenterie continue s'y joignit et, peu à peu, tous les symptômes de la peste se déclarèrent. Vers le même temps, le général Grezieux mourut ; la moitié de la garnison avait déjà été frappée : trente soldats succombaient par jour ; Brinquier, qui m'avait remplacé pour les constructions de l'hôpital, fut atteint le quatrième jour et mourut après quarante-huit heures. A cette

Digitized by Google

époque, mon bubon se déclarait à l'aine droite ; j'avais toujours espéré jusqu'alors que ma maladie n'était pas la peste, le nombre de jours que j'avais vécu depuis la première attaque semblait l'indiquer ; mais dès que le bubon parut et que les maux de cœur redoublèrent, je ne pus plus concevoir aucun doute, et je pris mon parti. J'envoyai alors à Francisqui, qui était près du général Damas blessé, les objets que je voulais laisser à mes proches et à mes amis. Je dois remarquer que Francisqui est le seul parmi mes camarades qui ne m'ait pas abandonné et qui, pour me tranquilliser, n'ait jamais hésité à s'approcher de moi ; le jour de son départ il poussa le dévouement jusqu'à m'embrasser quoiqu'il fût certain que j'étais un véritable pestiféré.

Il n'échappait qu'un homme sur douze.

Saint-Simon, arrivant d'Égypte, vint me voir ; il se trouvait en parfaite santé ; le surlendemain il était mort.

Le siège d'Acre trainait en longueur, les malades refluaient sur Jaffa et nourrissaient le dépôt des mourants, la peste était dans toutes les maisons de la ville où il se trouvait encore des habitants. Les réfugiés de Ramlé qui étaient venus à Jaffa se mettre sous notre protection périrent presque tous. Le couvent des Capucins, qui s'était mis en quarantaine, ne put éviter la contagion. La plupart des prêtres moururent. Toutes les familles franques périrent, hormis deux hommes et une femme.

Je ne connaissais plus personne parmi les individus qui étaient encore à Jaffa. J'avais perdu successivement mes amis, mes connaissances, mes domestiques : il ne me restait plus que mon domestique français qui, dans le cours de ma maladie, m'avait toujours soigné avec zèle. Le 24 germinal, il mourut près de moi... Je demeurai seul, sans force, sans secours, sans amis ; j'étais tellement épuisé par la dysenterie et les suppurations continuelles que ma tête était extraordinairement affaiblie ; la fièvre, qui redoublait

Digitized by Google

la nuit, me donnait souvent le transport et m'agitait cruellement. Deux sapeurs entreprirent de me soigner et périrent l'un après l'autre.

Enfin, le deux floréal, je fus embarqué sur l'*Étoile*, qui partait pour l'Égypte et dont le capitaine avait la peste; il mourut le jour de notre arrivée à Damiette. L'air de la mer fit sur moi un effet subit : il me semblait que je sortais d'une suffocation ; dès le premier jour, je sentis presque le désir de manger, j'étais néanmoins très faible. Les vents contraires nous tinrent plusieurs jours en pleine mer ; ce retard produisit sur ma santé une amélioration très marquée ; mes forces renaissaient, la croûte de mon bubon tomba, l'appétit revint.

Le 7 floréal, nous vinmes mouiller devant le bogaz de Damiette ; le 8, nous entrâmes dans le Nil, le bâtiment fut mis en quarantaine.

(*Agenda de Malus.*)

Digitized by Google

JACQUES THÉNARD

L'eau oxigénée.

Le sujet que je traite est tout neuf ; car, par eau oxigénée, je n'entends point désigner la dissolution du gaz oxigène dans l'eau ; je désigne, provisoirement, par cette expression, une tout autre combinaison, dont, jusqu'à présent on n'a point observé d'analogue, en la considérant du moins sous le rapport des propriétés qui la caractérisent...

C'est en dissolvant le deutoxide de Barium dans l'acide hydrochlorique, versant dans la dissolution une certaine quantité d'acide sulfurique, répétant ensuite nombre de fois ces deux opérations sur la même liqueur, puis y ajoutant du sulfate d'argent enfin de la barite, et séparant successivement tous les précipités par le filtre, que l'on parvient à charger l'eau de beaucoup d'oxigène...

Lorsqu'on soumet l'eau oxigénée à l'action de la chaleur, elle se décompose et se transforme en eau et en gaz oxigène pur : de là le moyen d'en faire l'analyse. Il ne faudrait pas la tenter sur de l'eau saturée d'oxigène. Le dégagement du gaz serait si brusque et si considérable, pour peu qu'on employât de liquide, que l'expérience ne serait pas sans danger. Tous les obstacles disparaissent au contraire, en étendant l'eau oxigénée d'une certaine quantité d'eau distillée. Voici comment l'opération fut faite...

Le péroxide d'hydrogène est liquide et incolore comme l'eau. Il est sans odeur ou en a une si faible, qu'elle est insensible pour presque tout le monde. Mis en contact avec les papiers de tournesol ou de curcuma, il en détruit peu à peu la couleur et les rend blancs. Il attaque l'épiderme très promptement, quelquefois même tout à coup, le blanchit

Digitized by Google

et cause des picotements dont la durée varie en raison des individus et de l'épaisseur de la couche de liqueur...

Parmi les différents corps, les uns sont sans action sur le péroxide d'hydrogène ; d'autres le rendent plus stable ; d'autres le décomposent en s'appropriant une partie de son oxigène ; mais, ce qui est bien plus digne de remarque, c'est qu'il en est un assez grand nombre qui opèrent la décomposition du péroxide à la température ordinaire sans s'unir ni à l'eau, ni au gaz oxigène, qui en résultent ; quelquefois même cette décomposition se fait en donnant lieu à une sorte de détonation, tant le dégagement du gaz est subit...

La chaleur décompose promptement le péroxide d'hydrogène ; la décomposition devient d'autant moins facile, qu'elle est plus avancée. L'eau, à mesure qu'elle se trouve mise en liberté, se compose sans doute avec la portion du péroxide non décomposé et le rend plus stable...

Les métaux tendent en général à décomposer le péroxide d'hydrogène, et à le ramener à l'état de protoxide ou d'eau ; je n'en compte que quatre qui ne possèdent point d'une manière sensible cette propriété, le fer, l'étain, l'antimoine, et le tellure...

Les oxides métalliques tendent en général à ramener le péroxide d'hydrogène à l'etat de protoxide ou d'eau...

(*Mémoires de l'Académie royale des Sciences de l'Institut de France*. 1818.)

L'analyse chimique.

Après avoir examiné les différentes propriétés des corps, jeté un coup d'œil sur leur état naturel, décrit leur préparation, leurs usages, exposé les lois de leur composition, il nous reste encore à parler des procédés que l'on doit employer pour déterminer leur nature et la proportion de leurs

Digitized by Google

JACQUES THÉNARD

Digitized by Google

Digitized by Google

principes constituants. Ce sont ces procédés qui constituent l'analyse chimique proprement dite.

Cette partie de la chimie, inconnue, pour ainsi dire, il y a soixante ans[1], a fait depuis cette époque, et surtout depuis une trentaine d'années d'immenses progrès qui sont dûs aux instruments que l'on est parvenu à se procurer, à l'adresse avec laquelle on les a maniés, à la fidélité des réactifs dont on a fait usage, aux lois que l'on a découvertes, à la précision que l'on s'est attaché à mettre dans toutes les opérations, précision dont Lavoisier a donné, le premier, l'exemple.

Il était rare autrefois, quand on parvenait à connaître les principes constituants d'un corps, d'en déterminer la proportion à un dixième près ; aujourd'hui les erreurs que l'on commet ne vont presque jamais au delà d'un centième, à moins que les principes ne soient nombreux.

Il semble d'abord qu'il suffise de connaître toutes les propriétés des corps pour analyser ceux-ci : cependant l'on serait fort embarrassé si, ne s'étant jamais occupé d'analyse, il s'agissait de faire celle d'un composé, même peu compliqué. A quelles épreuves le soumettre ? Comment parvenir à connaître le nombre des substances différentes qu'il contient ? Comment les reconnaître, et quand on les aura reconnues, comment les séparer et reconnaître la quantité de chacune d'elles ? Ce sont autant de questions dont on ne peut trouver la solution qu'autant qu'on est guidé dans la marche qu'il est nécessaire de suivre. On sent combien serait précieux un traité où elle serait fidèlement tracée...

Je diviserai cet essai en huit chapitres : je traiterai, dans le premier, des manipulations communes à un grand nombre d'analyses ; dans le second, de l'analyse des gaz ; dans le troisième, de celle des corps combustibles ; dans le

1. Le traité de Thénard date de 1818.

Digitized by Google

quatrième, de celle des oxides et des acides ; dans le cinquième, de celle des sels ; dans le sixième, de celle des eaux minérales ; dans le septième, de celle des matières végétales et animales ; dans le huitième, je considérerai le problème dans toute sa généralité et je traiterai de l'art de reconnaître à laquelle de ces divisions le corps à analyser appartiendra.

(*Traité de chimie.* T. IV.)

Digitized by Google

DAVY

Le potassium et le sodium.

On prit un morceau de potasse pure qui avait été exposé pendant quelques secondes à l'atmosphère de manière à acquérir la faculté conductrice à sa surface ; on le plaça sur un disque isolé de platine, mis en communication avec le côté négatif de la batterie de 250 plaques de 6 à 4 pouces, dans un état de grande activité : on amena en contact avec la surface supérieure de l'alcali un fil de platine, communiquant avec le côté positif. Tout l'appareil était exposé à l'air libre.

On ne tarda pas à voir se manifester une action très vive. La potasse commença à fondre aux deux points d'électrisation. Une effervescence violente se montrait à la surface supérieure : à la surface inférieure ou négative on ne voyait aucun dégagement de gaz élastique, mais on découvrait de petits globules qui avaient un éclat métallique très brillant, et qui ressemblaient tout à fait à du mercure ; quelques-uns brûlaient avec explosion et flamme vive à l'instant où ils étaient formés ; d'autres subsistaient, mais ne tardaient pas à être ternis, et finalement couverts par un enduit blanc qui se formait à leur surface.

De nombreux essais me montrèrent bientôt que ces globules n'étaient autre chose que la substance que je cherchais et un principe inflammable particulier, la base (le radical) de la potasse...

La soude soumise au même procédé que la potasse, montra un résultat analogue, mais sa décomposition exigeait une plus grande intensité d'action dans les batteries ; ou bien que l'alcali fût en morceaux plus petits et plus minces...

Digitized by Google

La substance produite par la potasse demeurait fluide à la température de l'atmosphère, au moment de la production ; celle qui provenait de la soude était fluide à la température acquise par l'alcali pendant sa formation ; mais elle devenait solide en se refroidissant, et prenait la couleur et le lustre de l'argent.

. . . . . .

Les bases de la potasse et de la soude doivent-elles porter le nom de métaux ? Le plus grand nombre des chimistes auxquels cette question a été adressée a répondu par l'affirmative. Ces bases ressemblent aux métaux par l'opacité, l'éclat, la malléabilité, la faculté conductrice de la chaleur et de l'électricité ; enfin par leur disposition aux combinaisons chimiques. Je me suis donc hasardé à désigner ces deux substances nouvelles par les noms de *Potassium* et de *Sodium*.

(*Annales de chimie.* 1808).

Une lettre sur l'électromagnétisme [1].

Cher Monsieur,

Tous les physiciens ont été frappés de l'analogie qui existe entre les lois des attractions électrique et magnétique ; et, depuis la découverte de la pile, plusieurs savants... ont cherché à établir l'identité ou, tout au moins, le rapport intime des deux agents ; mais leurs vues étaient généralement si obscures et leurs expériences si incomplètes, qu'on n'en a pas tenu compte. Le côté chimique et électrique des phénomènes montrés par l'admirable arrangement de Volta absorbait complètement, à ce moment, l'attention des hommes de science ; et la découverte du fait établissant la véri-

1. Adressée à H. Wollaston, chimiste anglais.

Digitized by Google

table relation entre l'électricité et le magnétisme était réservée à M. Œrsted et à la présente année.

Cette découverte, par son importance et sa nature inattendue, ne pouvait manquer d'exciter au plus haut degré l'attention du monde savant ; elle a ouvert un nouveau champ de découvertes qui sera, sans doute, exploré par un grand nombre d'observateurs ; quand les sujets de recherches s'offrent si spontanément, il est difficile que les mêmes faits ne soient pas observés par plusieurs personnes. Il y a d'ailleurs toujours avantage pour le progrès de la Science à publier les expériences sans délai ; c'est ce qui fait que, dussent les phénomènes dont je vais parler avoir été découverts avant ou en même temps dans quelque autre partie de l'Europe, je n'hésite pas à vous les communiquer et, par votre intermédiaire, à la Société Royale.

En répétant les expériences de M. Œrsted avec un appareil voltaïque de 100 paires de plaques de 4 pouces, j'ai trouvé que le pôle sud d'une aiguille aimantée (suspendue à la manière habituelle), placé sous le fil conjonctif en platine (l'extrémité positive de l'appareil étant à droite), était fortement attiré par le fil et restait en contact avec lui, l'action étant assez forte pour changer la direction de l'aiguille et vaincre l'effet du magnétisme terrestre. Ce fait ne pouvait s'expliquer qu'en supposant que le fil devient lui-même magnétique pendant qu'il est traversé par l'électricité, et j'ai cherché immédiatement à prouver, par des expériences directes, que c'était bien, en effet, le cas. Je répandis de la limaille de fer sur du papier et en approchai le fil conjonctif : la limaille fut immédiatement attirée et adhéra au fil en quantité considérable, en formant une masse dix à douze fois plus épaisse que le fil lui-même ; si l'on rompait la communication, la limaille tombait instantanément, ce qui prouvait bien que l'effet magnétique dépendait uniquement du passage de l'électricité à travers le fil. J'ai essayé la même expérience avec les diverses par-

Digitized by Google

ties du fil, qui avait 7 à 8 pieds de longueur, et $\frac{1}{20}$ de pouce de diamètre, j'ai trouvé partout la même action sur la limaille; enfin ayant réuni par des fils les parties séparées de la pile, j'ai trouvé que toutes les parties du circuit agissaient de la même manière sur la limaille et sur l'aiguille aimantée.

Il était aisé de conclure que ces effets ne pouvaient être produits par le fil électrisé, sans être capables de donner à l'acier une aimantation permanente. J'attachai, avec un fil fin d'argent, à un fil de même métal de 11 pouces de long et de $\frac{1}{30}$ de pouce de diamètre, plusieurs aiguilles d'acier, dans différentes directions, les unes parallèles, les autres transversales, en dessus et en dessous, et les plaçai dans le circuit d'une pile de 30 paires de plaques de 9 pouces sur 5; en éprouvant alors leur magnétisme avec de la limaille de fer, je reconnus que toutes étaient aimantées; celles qui étaient parallèles au fil attiraient la limaille, comme le ferait le fil lui-même, mais les aiguilles transversales avaient chacune deux pôles; en les présentant à une aiguille suspendue délicatement, on reconnaissait que toutes les aiguilles placées au-dessous du fil (l'extrémité positive de la pile étant à l'est) avaient leur pôle nord du côté sud du fil, et leur pôle sud du côté nord; celles qui étaient placées au-dessus du fil avaient leur pôle sud du côté sud et leur pôle nord du côté nord; et cela, quelle que fût d'ailleurs l'inclinaison de l'aiguille sur l'horizon. Quand la communication fut rompue, toutes les aiguilles placées transversalement, par rapport au fil, gardèrent leur magnétisme, sans diminution sensible; mais celles qui étaient parallèles au fil parurent le perdre en même temps que le fil lui-même.

J'attachai ensuite de petits bouts de fils de platine, d'argent, d'étain, de fer et d'acier dans une position transver-

Digitized by Google

sale, sur un fil de platine intercalé dans le circuit de la même pile. L'acier et le fer prirent immédiatement des pôles, comme dans l'expérience précédente ; mais les autres fils ne montrèrent rien de plus que toute autre partie du circuit : l'acier conserva tout son magnétisme après la rupture du circuit ; le fer en perdit immédiatement une partie et, quelque temps après, la totalité.

La pile fut placée dans diverses directions par rapport aux pôles de la Terre : l'effet fut toujours le même. Toutes les aiguilles placées transversalement sous le fil conjonctif, l'extrémité positive étant à droite, avaient leur pôle nord du côté de l'observateur ; et celles qui étaient au-dessus, leur pôle sud du même côté ; en tournant le fil bout pour bout, par rapport à la pile, et en observant le côté du fil, je trouvai que le même côté du fil a toujours le même magnétisme ; de sorte que pour toutes les aiguilles placées transversalement, il y a toujours opposition de pôles de chaque côté du fil ; celles qui sont en dessus ont une aimantation de sens contraire à celles qui sont au-dessous, et celles qui sont verticales d'un côté du fil une aimantation contraire à celles qui sont verticales de l'autre côté.

. . . . . .

Je ne veux point céder à la tentation d'aborder la partie théorique du sujet ; mais en présence des faits que je viens de développer, une foule d'idées curieuses ne peuvent manquer de se présenter à un esprit éclairé. Le magnétisme de la terre ne serait-il pas dû à son électricité, et les variations de l'aiguille aux variations des courants électriques du globe, variations qui seraient la conséquence de son mouvement, des actions chimiques qui s'opèrent dans ses profondeurs, ou de ses relations avec la chaleur solaire ; n'est-il pas à croire, d'après cela, que les effets lumineux des aurores boréales sont dûs à l'électricité ? Ce qu'il y a de certain, c'est que si de forts courants électriques circulaient dans le sol, suivant le mouvement apparent du Soleil,

Digitized by Google

les propriétés magnétiques de la Terre seraient celles que nous connaissons.

(Lu à la Société Royale, le 16 novembre 1820; *Phil. Trans.*, pour 1821.)

Le progrès par la Science.

Vous admettrez que de rendre les peaux insolubles dans l'eau, par des combinaisons tirées des principes astringents de certains végétaux, est une invention chimique, et que, sans cuir, nos chaussures, nos voitures et nos équipages seraient très mal faits. — Vous me permettrez de dire que le blanchissage et la teinture de la laine, de la soie, du coton et du chanvre sont des procédés chimiques et que leur transformation en diverses étoffes est une invention mécanique. — Vous ne nierez pas maintenant que le travail du fer, du cuivre, de l'étain et du plomb, avec tous les autres métaux, et leurs combinaisons en alliages différents, dont sont composés presque tous les outils nécessaires au menuisier, à l'ébéniste, au maçon, au forgeron, etc., ne soient pas des inventions chimiques. — La presse même, à laquelle je suis disposé à attribuer autant d'influence que vous le voulez, ne pourrait pas exister dans un état perfectionné sans agent métallique. — La combinaison des alcalis, du sable de certaines terres et des silex par lesquels on obtient le verre et la porcelaine, est un procédé chimique. — Les couleurs dont l'artiste se sert pour reproduire la ressemblance des objets naturels viennent de la chimie. — Bref, dans chaque département des arts et de l'industrie, l'influence de cette science se manifeste ; et on peut voir dans la fable de Prométhée, prenant la flamme du ciel pour animer sa statue, un emblème de l'œuvre du feu dans son emploi chimique pour créer l'activité et presque la vie de la société civilisée.

Digitized by Google

. . . . . .

Si nous arrivons aux industries des temps modernes, nous trouvons que le raffinage du sucre, la préparation du nitre, la fabrication des acides, des sels, etc., sont autant de résultats de la chimie pure. Prenons la poudre à canon pour exemple : nul autre qu'un homme appliqué à diversifier ses procédés d'une manière infinie, et guidé par l'analogie, ne saurait être arrivé à une découverte semblable. Consultez les livres des alchimistes, et alors vous aurez une idée des expériences. Quoique ces hommes aient été guidés par des vues fausses, il n'en est pas moins vrai qu'ils ont fait des expériences fort utiles. Lord Bacon les a comparés avec exactitude à l'agriculteur, qui, tout en cherchant quelque trésor imaginaire, trouvait les fragments d'une belle statue. Séparément, ces morceaux n'ont aucune valeur, et c'est ainsi que les jugent ceux qui les trouvent ; mais, du moment où ils sont rassemblés par la main de l'artiste, ils constituent un objet merveilleux et sont dignes de conservation.

Remarquez les progrès des arts depuis qu'ils ont été éclairés par un *système de science*, et observez avec quelle rapidité ils ont avancé. La machine à vapeur elle-même, dans sa forme la plus grossière, fut le résultat d'une expérience chimique. Pour son état perfectionné, elle demande l'application des principes les plus abstraits de la chimie et de la mécanique ; et cet ingénieux savant, qui a donné cette puissance merveilleuse au monde civilisé, fut amené aux grandes améliorations qu'il y a apportées par les découvertes d'un esprit ingénieux sur la chaleur absorbée lorsque l'eau se transforme en vapeur, et sur la chaleur émise lorsque la vapeur retourne à l'état liquide.

Ici, l'observateur le plus superficiel est obligé d'admettre un triomphe de la science ; car, quelle impulsion surprenante n'a-t-elle pas donnée par cette invention aux arts et aux fabriques du monde ? Combien n'a-t-elle pas développé

Digitized by Google

les vraies ressources de chaque pays ? Faisant l'ouvrage de mille mains, les pouvoirs d'une population laborieuse sont centuplés par cette machine, qui reçoit ses éléments vitaux des entrailles de la terre.

Dans un autre genre d'invention, l'usage du conducteur électrique fut une combinaison purement scientifique, et la grandeur de la découverte du savant Américain[1] n'eut d'égale que l'application heureuse qu'il en fit immédiatement. Il serait facile, à notre époque, de signaler des cas nombreux, où un progrès immense et des effets avantageux en rapport avec le bien-être, le bonheur et même la vie de nos semblables, ont été le résultat des combinaisons scientifiques. Mais je n'ose le faire, dans la crainte de paraître me poser en juge des œuvres des savants contemporains, dont les recherches sont connues et les travaux respectés, et qui recevront plus tard les louanges que leurs collaborateurs hésitent à leur rendre.

(*Les derniers jours d'un philosophe.* Traduction de C. FLAMMARION.)

1. Franklin, déjà nommé.

Digitized by Google

GAY-LUSSAC

La combinaison des gaz.

Les corps possèdent à l'état solide, liquide ou gazeux, des propriétés qui sont indépendantes de la force de cohésion ; mais ils en ont d'autres qui paraissent modifiées par cette force, très variable dans son intensité, et qui dès lors ne suivent plus aucune loi régulière. La même compression appliquée à toutes les substances solides ou liquides produit une diminution de volume différente pour chacune d'elles, tandis qu'elle serait égale pour tous les fluides élastiques. De même, la chaleur dilate tous les corps ; mais les dilatations des solides et des liquides n'ont offert jusqu'à présent aucune loi régulière, et il n'y a encore que celles des fluides élastiques qui soient égales et indépendantes de la nature de chaque gaz. L'attraction des molécules dans les solides et les liquides est donc la cause qui modifie leurs propriétés particulières, et il paraît que ce n'est que lorsqu'elle est entièrement détruite, comme dans les gaz, que les corps, se trouvant placés dans des circonstances semblables, présentent des lois simples et régulières. Je vais du moins faire connaître des propriétés nouvelles dans les gaz, dont les effets sont réguliers, en prouvant que ces substances se combinent entre elles dans des rapports très simples, et que la contraction de volume qu'elles éprouvent par la combinaison suit aussi une loi régulière. J'espère donner par là une preuve de ce qu'ont avancé des chimistes très distingués, qu'on n'est peut-être pas éloigné de l'époque à laquelle on pourra soumettre au calcul la plupart des phénomènes chimiques.

. . . . . .

Il faut d'abord admettre, avec M. Berthollet, que l'action

Digitized by Google

chimique s'exerce indéfiniment d'une manière continue entre les molécules des corps, quel que soit leur nombre et leur rapport, et que, en général, on peut obtenir des composés à proportions très variables. Mais ensuite, il faut admettre en même temps, qu'entre l'insolubilité, la cohésion et l'élasticité qui tendent à produire des combinaisons dans des proportions fixes, l'action chimique s'exerce plus puissamment lorsque les éléments sont entre eux dans des rapports simples, ou dans des proportions multiples les unes des autres, et qu'elles produisent alors des composés qui se séparent plus aisément. On concilie de cette manière les deux opinions, et on maintient cette grande loi chimique : que toutes les fois que deux substances sont en présence l'une de l'autre, elles agissent par leurs masses, et donnent en général des composés à proportions très variables, à moins que ces proportions ne soient déterminées par des circonstances particulières.

Conclusion. — J'ai fait voir dans ce Mémoire que les combinaisons des substances gazeuses, les unes avec les autres, se font toujours dans les rapports les plus simples, et tel qu'en représentant l'un des termes par l'unité, l'autre est 1 ou 2 ou au plus 3. Ces rapports de volume ne s'observent point dans les substances solides ou liquides, ou lorsqu'on considère les poids, et ils sont une nouvelle preuve que ce n'est effectivement qu'à l'état gazeux que les corps sont placés dans les mêmes circonstances et qu'ils présentent des lois régulières. Il est remarquable de voir que le gaz ammoniacal neutralise exactement un volume semblable au sien des acides gazeux, et il est probable que si les acides et les alcalis étaient à l'état élastique, ils se combineraient tous, à volume égal, pour produire des sels neutres. La capacité de saturation des acides et des alcalis, mesurée par les volumes, serait donc la même, et ce serait peut-être la vraie manière de l'évaluer. Les contractions apparentes de volume qu'éprouvent les gaz en se combi-

Digitized by Google

nant, ont aussi des rapports simples avec le volume de l'un d'eux, et cette propriété est encore particulière aux substances gazeuses.

(*Mémoires de la Société d'Arcueil.* T. II.)

L'iode.

J'ai lu à la Classe... le résultat de mes recherches sur la substance découverte par M. Courtois, et à laquelle j'ai proposé de donner le nom d'iode, à cause de la belle couleur violette de sa vapeur...

L'iode, à l'état solide est d'un gris noir; mais sa vapeur est d'un très beau violet : son odeur est exactement celle du chlore, affaiblie. Il se présente souvent en paillettes semblables à celles du fer micacé, quelquefois en lames rhomboïdales très larges et très brillantes; je l'ai obtenu en octaèdre allongé d'environ un centimètre de longueur. Sa cassure, quand il est en masse, est lamelleuse et a un aspect gras : il est très tendre et on peut le porphyriser. Sa saveur est très âcre, quoique sa solubilité soit extrêmement faible : il tache profondément la peau en jaune-brun très foncé; mais cette couleur se dissipe peu à peu. Comme le chlore, il détruit les couleurs végétales, quoique avec beaucoup moins d'intensité. L'eau en dissout environ un sept-millième de son poids, et se colore en jaune-oranger...

L'iode n'est point inflammable; on ne peut même le combiner directement avec l'oxigène. Je le considère comme un corps simple et je le place... entre le soufre et le chlore, parce qu'il a des affinités plus fortes que le premier, et plus faibles que le dernier. Comme eux, il forme deux acides, l'un en se combinant avec l'oxigène, et l'autre, en se combinant avec l'hydrogène...

L'iode se combine avec la plupart des combustibles;

Digitized by Google

mais je n'ai examiné que quelques-unes de ces combinaisons.

Le phosphore s'unit à l'iode en diverses proportions...

L'analogie que j'ai établie entre le chlore, le soufre et l'iode, peut servir à jeter du jour sur quelques-unes des combinaisons du chlore, et je vais essayer de le faire...

Il y avait près de deux ans que M. Courtois avait fait la découverte de l'iode, lorsque M. Clément l'annonça à l'Institut, le 29 novembre 1813... Personne n'a contesté jusqu'à présent que je n'aie fait connaître le premier la nature de l'iode, et il est certain que M. Davy n'a publié ses résultats que plus de huit jours après avoir connu les miens.

(*Mémoires de l'Institut.* 1812.)

Digitized by Google

DULONG

Mesure des températures. — Lois du refroidissement.

Dès l'origine de la physique expérimentale, on a senti que, parmi tous les effets produits par la chaleur, les variations qu'éprouvent les corps dans leur volume devaient être préférées à tous les autres phénomènes dûs à la même cause, pour mesurer ses viscissitudes naturelles ou artificielles. Toutefois il y avait loin de ce premier aperçu aux connaissances nécessaires pour assujettir la construction des thermomètres à des procédés invariables qui pussent rendre leurs indications comparables. Mais le fréquent emploi de ces instruments, et l'utilité des données qu'ils fournissent, ayant ramené souvent l'attention des physiciens sur toutes les circonstances qui peuvent modifier leur marche, toutes les particularités de leur construction ont été étudiées avec tant de soin et d'une manière si détaillée qu'il ne reste presque plus rien à désirer sur cet objet.

Il était indispensable, sans doute, d'apporter dans les observations thermométriques, une grande précision ; mais cela ne suffisait pas pour conduire à une connaissance approfondie de la théorie de la chaleur. On pourrait, à la vérité, rapporter la marche de tous les phénomènes à une échelle arbitraire de température, et chercher des formules empiriques qui représentent exactement les observations ; mais on ne peut espérer de découvrir les propriétés les plus générales, ou, si l'on veut, les lois les plus simples de la chaleur, que lorsqu'on aura confronté les thermomètres construits avec les substances prises dans les trois états dont la matière est susceptible, et lorsqu'on aura déterminé les rapports qui existent entre les indications de ces instruments et les quantités de chaleur ajoutées ou sous-

Digitized by Google

traites pour produire des variations déterminées de température.

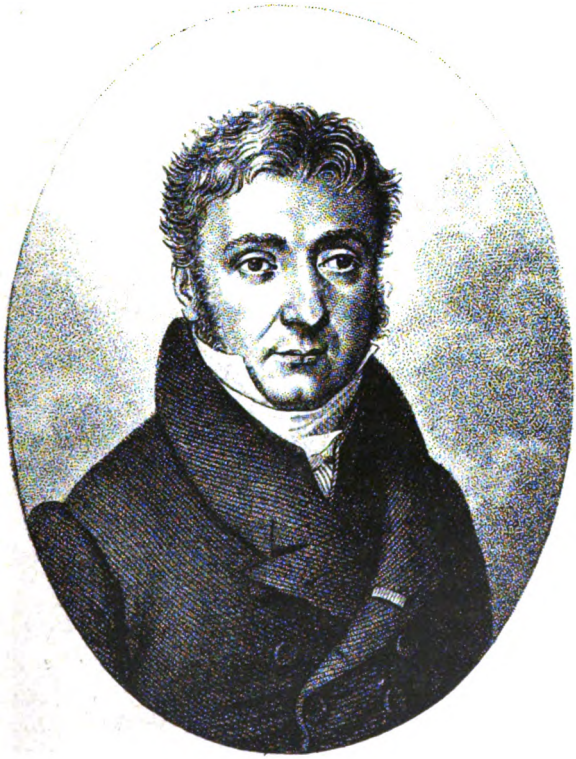
Quoique ce sujet de recherche ait dû naturellement se présenter à l'esprit de presque tous les physiciens, on doit convenir qu'il n'a pas encore été traité avec tout le soin et tout le développement que son importance exige. Les essais de Deluc et de Crawford n'embrassent qu'une étendue trop limitée de l'échelle thermométrique, pour qu'il soit permis d'en déduire aucune conséquence générale. C'est, au reste, un défaut commun à presque tous les travaux relatifs à la théorie de la chaleur, et qui est devenu la source de tant d'inductions erronées. On conçoit facilement, en effet, que des phénomènes assujettis à des lois fort différentes peuvent avoir une marche en apparence identique dans un certain intervalle de température, et que, si l'on se contente de les observer entre les limites où leur divergence est presque insensible, on sera porté à attribuer leurs faibles écarts aux erreurs d'observation, et l'on manquera des données nécessaires pour remonter à leur véritable cause. Plusieurs fois, dans le cours de ce Mémoire, on aura l'occasion de sentir la justesse de cette réflexion.

M. Dalton [1], en considérant la même question sous un point de vue beaucoup plus élevé, a essayé d'établir des lois générales applicables à la mesure de toutes les températures. Ces lois, il faut en convenir, forment un ensemble imposant par leur régularité et leur simplicité. Malheureusement cet habile physicien s'est trop empressé de généraliser des aperçus fort ingénieux, il est vrai, mais qui ne reposaient que sur des évaluations incertaines. Aussi n'est-il presque aucune de ses assertions qui ne se trouve contredite par les résultats des recherches que nous allons faire connaître.

Ces recherches ont pour objet principal les lois du refroi-

1. Physicien anglais (1766-1844).

Digitized by Google



DULONG

Digitized by Google

Digitized by Google

dissement des corps plongés dans un fluide élastique d'une nature, d'une densité et d'une température quelconques. Avant de nous livrer à l'étude de cette classe de phénomènes, il était indispensable de suppléer d'abord au défaut de notions exactes sur la mesure des températures élevées. C'est donc par l'examen de cette question accessoire, mais d'un haut intérêt par elle-même, que nous avons commencé notre travail : c'est aussi par là que nous en commencerons l'exposition.

Ce mémoire se composera ainsi de deux parties très distinctes : l'une aura pour objet tout ce qui est relatif à la mesure des températures ; la deuxième comprendra les lois générales du refroidissement.

(*Recherches sur la mesure des températures et sur les lois de la communication de la chaleur*, avec la collaboration de M. Petit. Introduction.)

Digitized by Google

CHEVREUL

La chimie du teinturier.

La première partie, objet de l'enseignement de cette année, sera consacrée à l'examen de toutes *les espèces de corps* que le teinturier emploie pour arriver à son but, c'est-à-dire, pour appliquer des substances colorantes sur des étoffes dont la partie première est empruntée aux plantes ou aux animaux. Je ne m'arrêterai que sur les espèces qui intéressent le teinturier, soit sous le rapport de la pratique, soit sous celui de la théorie de son art. Par exemple, à l'article du soufre, j'examinerai les acides qu'il forme avec l'oxigène ; je donnerai une attention toute particulière aux acides sulfurique et sulfureux, qui sont employés en teinture ; et je ne dirai que quelques mots de l'acide hyposulfureux, qui n'y est d'aucun usage ; mais dont la connaissance est nécessaire lorsqu'on veut se rendre un compte exact de l'essai des soudes du commerce. En parlant d'un acide utile, j'insisterai sur les moyens de reconnaître son degré de pureté, sur la manière de le préparer et de le purifier. Aux articles du sodium, du potassium, j'exposerai les propriétés de la soude, de la potasse, et leur mode de préparation. Je parlerai des sels, qu'il importe le plus au teinturier de connaître, et à l'article des carbonates de soude et de potasse, je traiterai des procédés alcalimétriques. Enfin, l'histoire des principes immédiats des êtres organisés qui l'intéressent plus ou moins terminera la première partie du cours.

La seconde partie, objet de l'enseignement de l'année prochaine, sera consacrée à l'examen des procédés de l'art. Je traiterai d'abord de la préparation du ligneux, et sous ce

Digitized by Google

CHEVREUL

Digitized by Google

Digitized by Google

nom je comprends le coton, le lin et le chanvre ; ensuite, de celle de la soie et de la laine.

L'application des mordans sur les étoffes sera examinée avec les détails qu'elle comporte quand on la considère en général.

De là je passerai à l'exposition des procédés suivis pour teindre les étoffes en jaune, en rouge, en bleu, en des couleurs dites composées, et en noir.

Je traiterai ensuite de la manière de juger des étoffes teintes, soit par rapport à la solidité de leurs couleurs, soit par rapport à leur éclat.

La seconde partie sera terminée par des considérations sur la liaison de la teinture avec la théorie chimique.

(*Leçons de chimie appliquée à la teinture.* Première leçon.)

Les corps gras.

Mes premières découvertes, en faisant connaître les acides margarique et oléique, qui à tous les caractères que l'on attribue aux corps gras joignent celui de l'acidité, ont contribué certainement à modifier les idées qu'on avait alors sur la composition des acides organiques, que l'on considérait généralement comme des composés où il y avait un excès d'oxigène sur la quantité de cet élément nécessaire pour former de l'eau avec l'hydrogène contenu dans ces mêmes acides. Elles ont contribué aussi à généraliser l'idée de l'acidité, en établissant un groupe d'acides organiques avec un excès de matière combustible, qui semble être aux autres acides organiques ce que sont, dans le règne inorganique, les acides hydrosulfurique et hydrotellurique aux acides oxigénés. L'acidité, une fois démontrée dans les acides margarique et oléique, a fourni un caractère extrêmement précieux pour partager les corps gras en deux

Digitized by Google

ordres : celui des acides gras acides, et celui des corps gras non acides ; et cette distinction a fait entrevoir dès lors la possibilité d'appliquer avec succès l'analyse chimique à des substances qui jusque-là avaient été considérées comme immédiatement simples, faute de moyens suffisants pour séparer les principes immédiats qui les constituent.

Dès que j'ai eu étudié les acides margarique et oléique, j'ai recherché si les graisses ne seraient pas formées de deux espèces de principes immédiats non acides et différant l'un de l'autre par la fusibilité. C'est ce qui m'a conduit à découvrir les stéarines et l'oléine. Arrêtons-nous à ces résultats : l'oléine est liquide à 0, la stéarine de mouton est solide à 44°, et la stéarine d'homme l'est encore à 49° ; ces trois substances peuvent s'unir ensemble en proportions indéfinies. D'après cela, on conçoit pourquoi les huiles, les beurres, les graisses, les suifs, dont elles constituent la totalité ou la presque totalité de la masse, peuvent différer en fusibilité, sans qu'on doive compter autant d'espèces différentes qu'il y a d'huiles, de beurres, de graisses, qui diffèrent les uns des autres par leur degré de fusibilité.

(*Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale.*)

Le contraste des couleurs.

Enfin, en appliquant la méthode expérimentale à l'arrangement des fleurs dans les jardins, conformément à la loi du contraste simultané des couleurs [1], j'ai eu tant d'occasions de remarquer combien, dans ces arrangements, il y avait d'analogie entre les couleurs et les formes, relativement aux effets que l'on obtient des unes et des autres sous le point de vue de la diversité, de la symétrie, de

1. La différence du clair et de l'obscur est augmentée comme l'est la différence de la nature optique des couleurs.

Digitized by Google

l'harmonie générale, etc., que j'ai été conduit à une généralisation que je n'avais point en vue en commençant mon travail; mais toutes les généralités auxquelles je suis arrivé sont bien les conséquences de l'observation immédiate, comme le prescrit la méthode expérimentale, et ce n'est que longtemps après avoir étudié beaucoup de produits des arts qui font usage de matières colorées, que j'ai acquis la conviction que cette méthode, à laquelle les sciences physiques et naturelles doivent leurs progrès, pourrait s'appliquer à beaucoup de cas à la pratique aussi bien qu'à la théorie des beaux-arts, et que cette extension devait nécessairement donner des connaissances précises sur les facultés qui mettent l'homme en rapport avec les œuvres de la nature et de l'art.

En définitive, j'ai cherché, autant que possible, les règles dans la nature des choses qu'elles concernent; mais en les prescrivant, loin d'être exclusif, j'ai évité au contraire de présenter un seul type du beau : c'est dans cet esprit que j'ai parlé des effets généraux des harmonies d'analogie et des harmonies de contraste, laissant à celui qui les emploie, soit en peinture, soit pour l'assortiment d'objets colorés quelconques, toute la latitude que ces règles comportent sans nuire à la beauté des objets assortis; c'est dans le même esprit que j'ai parlé des ouvrages de l'architecture grecque et de ceux de l'architecture gothique, du jardin français et du jardin-paysage, et au lieu de faire dépendre ces ouvrages de principes opposés ou de considérer les uns comme dérivant de principes, tandis que les autres sont le produit du caprice de l'artiste, j'ai cherché leurs rapports communs et les principes auxquels se rattachent réellement les différences qui les distinguent.

La critique faite sous ce point de vue d'un ouvrage qui, quoique très incorrect, a cependant captivé l'attention d'une réunion d'hommes quelconques, me paraît utile, sinon à l'auteur, du moins à la théorie de l'art et à la connais-

Digitized by Google

sance de notre propre nature, parce que, sous ce double rapport, il est toujours intéressant de remonter à la cause qui attire l'attention des hommes, de ceux mêmes qui sont les moins éclairés ou qui manquent de la première éducation.

Enfin, c'est encore conformément à cette manière de voir, qu'il me semble que lorsqu'un peuple a laissé trace de lui dans l'histoire par des annales, des ouvrages littéraires, des monuments, loin qu'on doive dédaigner les produits de son génie littéraire et ceux de ses arts, il faut au contraire rechercher soigneusement ce qui avait pu porter ce peuple à adopter la forme qu'il a donnée à ses ouvrages, et voir s'il est possible de remonter à la source de l'admiration qu'il avait pour eux.

(*De la loi du contraste simultané des couleurs.*)

Digitized by Google

FRANÇOIS ARAGO

Les interférences.

Je supposerai qu'un rayon de lumière solaire vienne rencontrer directement un écran quelconque, une belle feuille de papier blanc, par exemple. La partie du papier que le rayon frappera, comme de raison, sera resplendissante; mais me croira-t-on maintenant, si je dis qu'il dépend de moi de rendre cette portion éclairée complètement obscure, sans que pour cela il soit nécessaire d'arrêter le rayon ou de toucher au papier?

Quel est donc le procédé magique qui permet de transformer à volonté la lumière en ombre, le jour en nuit? Ce procédé excitera encore plus de surprise que le fait en lui-même; ce procédé consiste à diriger sur le papier, mais par une route légèrement différente, un second rayon lumineux qui, pris isolément aussi, l'aurait fortement éclairé. Les deux rayons en se mêlant semblaient devoir produire une illumination plus vive; le doute à cet égard ne paraissait pas permis; eh bien! ils se détruisent quelquefois tout à fait et l'on se trouve avoir créé les ténèbres en ajoutant de la lumière à de la lumière.

. . . . . .

Deux rayons lumineux ne pourront jamais se détruire, s'ils n'ont pas une origine commune, c'est-à-dire s'ils n'émanent pas l'un et l'autre de la même particule d'un corps incandescent. Les rayons d'un des bords du soleil n'interfèrent donc pas avec ceux qui proviennent du bord opposé ou du centre.

Parmi les mille rayons de nuances et de réfrangibilités diverses dont la lumière blanche se compose, ceux-là seulement sont susceptibles de se détruire qui possèdent des

Digitized by Google

couleurs et des réfrangibilités identiques ; ainsi, de quelque manière qu'on s'y prenne, un rayon rouge n'anéantira jamais un rayon vert.

Quant aux rayons de même origine et de même couleur, ils se superposent constamment sans s'influencer, ils produisent des effets représentés par la somme des intensités, si au moment de leur croisement ils ont parcouru des chemins parfaitement égaux.

Une interférence ne peut donc avoir lieu que si les routes qu'ont parcouru les rayons sont inégales ; mais toute inégalité de cette espèce n'amène pas nécessairement une destruction de lumière ; il est telle différence de route qui fait que les rayons, au contraire, s'ajoutent.

Quand on connaît la plus petite différence de chemin parcouru pour laquelle deux rayons se superposent ainsi sans s'influencer, on obtient ensuite toutes les différences de chemin qui donnent le même résultat, d'une manière bien simple, car il suffit de prendre le double, le triple, le quadruple, etc., du premier nombre.

Si l'on a noté de même la plus petite différence de route qui amène la destruction complète de deux rayons, tout multiple impair de ce premier nombre sera aussi l'indice d'une pareille destruction.

Quand aux différences de route qui ne sont numériquement comprises ni dans la première, ni dans la seconde des deux séries que je viens d'indiquer, elles correspondent à des destructions partielles de lumière, à de simples affaiblissements.

Ces séries de nombres, à l'aide desquels on peut savoir si au moment de leur croisement deux rayons doivent interférer ou seulement s'ajouter sans se nuire n'ont pas la même valeur pour les lumières diversement colorées ; les plus petits nombres correspondent aux rayons violets, indigos, bleus ; les plus grands aux rouges, orangés, jaunes et verts. Il résulte de là que si deux rayons blancs se croisent en un

Digitized by Google

certain point, il sera possible que dans la série indéfinie de lumières diversement colorées dont ces rayons se composent, le rouge, par exemple, disparaisse tout seul, et que ce point de croisement paraisse vert, car le vert c'est du blanc moins le rouge.

Les interférences, qui, dans le cas d'une lumière homogène, produisaient des changements d'intensité, se manifestent donc, quand on opère avec de la lumière blanche, par des phénomènes de coloration.

(*Notice biographique de Fresnel.*)

La courbure.

Veut-on s'assurer qu'une ligne est courbe, on en approche une ligne droite.

Désire-t-on quelque chose de plus; faut-il connaître le degré de courbure d'une ligne, en un certain point, on détermine le rayon du cercle qui, passant par ce point, approche de la courbe le plus possible, le rayon du cercle que les géomètres appellent le cercle osculateur. Ce rayon est-il grand, la courbure est petite, et réciproquement.

Des courbes tracées sur des plans, passons aux surfaces.

Quand on désire avoir une idée nette des courbures diverses d'une surface en un quelconque de ses points, on mène d'abord au point donné une normale à la surface; ensuite on fait passer par cette ligne droite une série de plans sécants. Chaque plan sécant détermine une section qui est réellement partie intégrante de la surface, et qui en fixe la courbure dans un sens déterminé.

Parmi toutes les sections curvilignes qui résultent des intersections d'une surface par une série indéfinie de plans sécants normaux, il en est une qui, comparativement, possède le maximum de courbure, et une autre le minimum.

Les plans dans lesquels ces sections de plus grande et de

Digitized by Google

moindre courbure se trouvent contenus, sont toujours perpendiculaires l'un à l'autre.

Les courbures des sections normales intermédiaires peuvent se déduire de la plus grande et de la moindre courbure, d'après une règle générale très simple.

Cette théorie des sections courbes appartient à Euler, l'homme qu'on aurait pu appeler presque sans métaphore, et certainement sans hyperbole, l'analyse incarnée.

Ceux qui possèdent une qualité sans laquelle nul succès n'est assuré dans la carrière des sciences, la qualité de s'étonner à propos, n'ont jamais refusé leur admiration aux découvertes dont je viens de faire mention.

Le mot admiration serait-il hors de place? Examinons.

Toute équation entre trois indéterminées détermine une surface. Si les indéterminées y entrent au premier degré, cette surface est plane. L'équation est-elle du second degré, il en peut ressortir un ellipsoïde, un hyperboloïde, ou des surfaces qui sont des modifications, des cas particuliers de celles-là. S'élève-t-on jusqu'au troisième degré, il y a tant de surfaces distinctes contenues dans l'équation, qu'on n'a pas même essayé d'en faire le dénombrement. Le nombre de ces surfaces augmente dans une énorme proportion quand on passe du troisième au quatrième degré, du quatrième au cinquième, etc.

L'imagination a peine à concevoir l'immense variété des formes qui peuvent être déduites des seules équations de tous degrés, dites algébriques. Eh bien, ces formes les plus dissemblables ont un caractère commun; la variété, dans l'aspect général, n'empêche pas qu'en un point donné d'une quelconque de ces milliards de surfaces, les deux sections normales de plus grande et de mointre courbure ne soient perpendiculaires entre elles, et que les courbures des sections intermédiaires ne dépendent des deux premières, suivant une loi simple et générale. Le théorème d'Euler trace, en quelque sorte, une limite que, dans leurs dissemblances,

Digitized by Google

d'ailleurs infinies à d'autres égards, les surfaces géométriques ne peuvent jamais dépasser. Appliqué aux transformations qui découlent des combinaisons de l'analyse, ce théorème peut être assimilé aux belles paroles de l'Écriture : « Océan, tu n'iras pas plus loin ! »

Les géomètres supposaient qu'une question creusée si profondément par le génie d'Euler était épuisée. Monge montra combien on se trompait. Le travail dont les géomètres lui sont redevables ne porte pas, comme celui de son illustre prédécesseur, sur la considération d'arcs élémentaires, d'arcs infiniment petits appartenant aux sections normales faites dans une surface par un point donné. Monge s'occupa de deux courbes indéfinies, susceptibles d'être tracées sur toutes les surfaces possibles. Il me suffira de quelques paroles pour caractériser les belles découvertes de notre confrère.

Menez une perpendiculaire, une normale, à une surface en en point donné ; menez ensuite une semblable normale en un point très voisin du premier. En général, cette seconde ligne ne rencontrera pas la première ; les deux normales ne seront pas contenues dans un même plan.

Il y a deux directions (deux directions seulement) dans lesquelles, sans exception aucune, les normales consécutives se rencontrent. Ces directions, comme les sections de plus grande et de moindre courbure, avec lesquelles, dans une très petite étendue, elles se confondent, sont rectangulaires entre elles ; ces directions peuvent être suivies dans toute l'étendue d'une surface quelconque. Monge les appela les lignes de courbure.

On peut appliquer à ces lignes de courbure de Monge toutes les considérations auxquelles j'ai eu recours pour faire ressortir la beauté du travail d'Euler. Notre confrère a donc eu le très rare privilège d'attacher son nom à la découverte d'une des propriétés primordiales des espaces terminés par des surfaces quelconques, avec la seule res-

Digitized by Google

triction que ces surfaces soient susceptibles d'une définition rigoureuse.

(*Biographie de Monge.*)

Une éclipse totale de soleil.

Fontenelle raconte qu'en l'année 1654, sur la simple annonce d'une éclipse totale, une multitude d'habitants de Paris allèrent se cacher au fond des caves. Grâce au progrès des sciences, l'éclipse totale de 1842 a trouvé le public dans des dispositions bien différentes de celles qu'il manifesta pendant l'éclipse de 1654. Une vive et légitime curiosité a remplacé des craintes puériles.

Les populations des plus pauvres villages des Pyrénées et des Alpes se transportèrent en masse sur les points culminants d'où le phénomène devait être le mieux aperçu ; elles ne doutaient pas, sauf quelques rares exceptions, que l'éclipse n'eût été exactement annoncée ; elles la rangeaient parmi les événements naturels, réguliers, calculables, dont le simple bon sens commandait de ne point s'inquiéter.

A Perpignan, les personnes gravement malades étaient seules restées dans leurs chambres. La population couvrait, dès le grand matin, les terrasses, les remparts de la ville, tous les monticules extérieurs d'où on pouvait espérer voir le lever du soleil. A la citadelle, nous avions sous les yeux, outre des groupes nombreux de citoyens établis sur les glacis, les soldats qui, dans une grande cour, allaient être passés en revue.

L'heure du commencement de l'éclipse approchait. Près de vingt mille personnes examinaient, des verres enfumés à la main, le globe radieux se projetant sur un ciel d'azur. A peine, armés de nos fortes lunettes, commencions-nous à apercevoir la petite échancrure du bord occidental du

Digitized by Google

soleil, qu'un cri immense, mélange de vingt mille cris différents, vint nous avertir que nous avions devancé, seulement de quelques secondes, l'observation faite par vingt mille astronomes improvisés dont c'était le coup d'essai. Une vive curiosité, l'émulation, le désir de ne pas être prévenu, semblait avoir eu le privilège de donner à la vue naturelle une pénétration, une puissance inusitées.

Entre ce moment et ceux qui précédèrent de très près la disparition complète de l'astre, nous ne remarquâmes dans la contenance de tant de spectateurs rien qui mérite d'être rapporté. Mais, lorsque le soleil, réduit à un étroit filet, commença à ne plus jeter sur notre horizon qu'une très faible lumière, une sorte d'inquiétude s'empara de tout le monde; chacun éprouvait le besoin de communiquer ses impressions à ceux dont il était entouré. De là un mugissement sourd, semblable à celui d'une mer lointaine après la tempête. La rumeur devenait de plus en plus forte à mesure que le croissant solaire s'amincissait. Le croissant disparut enfin, les ténèbres succédèrent rapidement à la clarté, et un silence absolu marqua cette phase de l'éclipse, tout aussi nettement que l'avait fait le pendule de notre horloge astronomique. Le phénomène, dans sa magnificence, venait de triompher de la pétulance de la jeunesse, de la légèreté que certains hommes prennent pour un signe de supériorité, de l'indifférence bruyante dont les soldats font ordinairement profession. Un calme profond régna aussi dans l'air, les oiseaux avaient cessé de chanter.

Après une attente solennelle d'environ deux minutes, des transports de joie, des applaudissements frénétiques, saluèrent, avec le même accord, la même spontanéité, la réapparition des rayons solaires. Au recueillement mélancolique produit par des sentiments indéfinissables, venait de succéder une satisfaction vive et franche, dont personne ne songeait à contenir, à modérer les élans. Pour la majorité du public, le phénomène était arrivé à son terme. Les autres

Digitized by Google

phases de l'éclipse n'eurent guère de spectateurs attentifs, en dehors des personnes vouées à l'étude de l'astronomie.

Ceux-là même qui, au moment de la disparition subite du soleil, s'étaient montrés le plus vivement émus, s'égayèrent le lendemain, et, ce me semble, outre mesure, au récit des frayeurs que bon nombre de campagnards avaient éprouvées et dont, au reste, ils ne cherchaient pas à faire mystère. Pour moi, je trouvai tout naturel que des hommes illettrés, à qui personne n'avait dit qu'une éclipse devait avoir lieu dans la matinée du 8 juillet, eussent montré une si grande inquiétude en voyant les ténèbres succéder si brusquement à la lumière. Qu'on ne s'y trompe point, l'idée d'une convulsion de la nature, l'idée que le moment de la fin du monde venait d'arriver, n'est pas ce qui bouleversa le plus généralement ces hommes incultes et naïfs. Lorsque je les questionnais sur la cause réelle du désespoir qui s'était emparé d'eux le 8 juillet, ils me répondaient sur le champ : « Le ciel était serein, et cependant la clarté du jour diminuait, et les objets s'assombrissaient, et tout à coup nous nous trouvâmes dans les ténèbres ; nous crûmes être devenus aveugles. »

Le journal des Basses-Alpes rapporte, dans le numéro du 9 juillet 1842, une anecdote qui me semble mériter d'être conservée. Je laisse parler le journaliste :

« Un pauvre enfant de la commune de Sieyès gardait son troupeau. Ignorant complètement l'évènement qui se préparait, il vit avec inquiétude le soleil s'obscurcir par degrès, car aucun nuage, aucune vapeur, ne lui donnait l'explication du phénomène. Lorsque la lumière disparut tout à coup, le pauvre enfant, au comble de la frayeur, se mit à pleurer et à appeler *au secours* !... Ses larmes coulaient encore lorsque le soleil donna son premier rayon. Rassuré à cet aspect, l'enfant croisa les mains en s'écriant: O béou souléou ! (O beau soleil !) »

(*Astronomie populaire*. T. III.)

Digitized by Google

Le labeur de l'astronome.

L'astronome moderne, vraiment digne de ce nom, doit renoncer aux distractions de la société, et même aux douceurs d'un sommeil non interrompu de quelques heures. Dans nos climats, pendant les saisons les plus rudes, le ciel est presque toujours caché par un épais rideau de nuages. Sous peine de renvoyer à des centaines d'années la vérification de tel ou tel point de théorie, il faut guetter les moindres éclaircies, en profiter sans retard.

Un vent favorable vient de dissiper les vapeurs dans la direction où va se manifester un phénomène important qui doit durer seulement quelques secondes. L'astronome, exposé à toutes les intempéries de l'air (c'est une condition d'exactitude), le corps douloureusement plié, dirige en toute hâte la lunette d'un grand cercle gradué sur l'astre si impatiemment attendu. Ses lignes de repère sont des fils d'araignée. Si dans la visée il se trompe de la moitié de l'épaisseur d'un de ces fils, l'opération sera comme non avenue ; jugez de son inquiétude ! Dans le moment critique, une bouffée de vent faisant vibrer la lumière artificielle adaptée à la lunette, les fils deviennent presque invisibles ; l'astre lui-même, dont les rayons lui parviennent à travers des couches atmosphériques de densités, de températures, de réfringences variables, paraît osciller fortement, de manière que sa position réelle est presque inassignable ; au moment où une extrême netteté dans l'image serait indispensable pour assurer l'exactitude des mesures, tout devient confus, soit parce que les verres de l'oculaire se couvrent de vapeurs, soit parce que le voisinage d'un métal très froid détermine, dans l'œil appliqué à la lunette, une abondante sécrétion de larmes : le pauvre observateur est donc exposé à cette alternative, d'abandonner à d'autres plus heureux la constatation d'un phénomène qui, peut-être, ne se reproduira

Digitized by Google

pas de son vivant, ou d'introduire dans la science des résultats d'une exactitude problématique. Enfin, pour compléter l'observation, il faut consulter les divisions microscospiques du cercle gradué, et substituer à ce que les opticiens ont appelé la *vision indolente*, la seule dont les anciens eussent besoin, la *vision tendue*, qui, en peu d'années, conduit à la cécité.

Lorsqu'à peine sorti de cette torture physique et morale, l'astronome veut savoir ce que ses labeurs ont produit d'utile, il est obligé de se jeter dans des calculs numériques d'une minutie et d'une longueur repoussantes. Certaines observations qui ont été faites en moins d'une minute exigent une journée de travail pour être comparées aux Tables.

(*Biographie de Bailly.*)

Le relief du terrain.

Les projections des sections horizontales seront d'autant plus rapprochées, elles formeront sur le terrain des teintes d'autant plus foncées, que la pente du terrain sera plus roide. La première inspection des teintes fera donc connaître où se trouvent les pentes les moins accessibles.

La distance qui sépare sur le dessin les projections de deux courbes horizontales est la cotangente de l'inclinaison du terrain dans l'intervalle qu'elles renferment, l'équidistance étant prise pour unité. Quand cette inclinaison est de 45°, l'écartement des courbes sera égal à l'équidistance. Pour des inclinaisons de moins en moins grandes, l'écartement ira en augmentant très rapidement; si la pente du terrain est, par exemple, de 2°, la distance des courbes horizontales s'élèvera à près de 29 fois l'équidistance.

Supposons que, sur le dessin, les projections des sections horizontales correspondantes à une pente de 45° soient

Digitized by Google

distantes l'une de l'autre de la cinquième partie d'un millimètre (on ne pourrait guère pratiquement les rapprocher davantage), cette distance pour l'inclinaison de 2°, devant être 29 fois plus grande, se trouvera de près de 6 millimètres ; des lignes fines aussi fortement espacées ne forment pas de teintes appréciables.

L'emploi des sections horizontales ne suffit donc pas pour peindre à l'œil le relief du terrain dans les pays accidentés qui présentent des pentes très dissemblables.

On renforce ces teintes, dans les dessins topographiques, en traçant les projections des lignes de plus grande pente entre les projections des sections horizontales, et l'on conserve leurs rapports primitifs d'intensité en espaçant les hachures proportionnellement à leurs longueurs, c'est-à-dire proportionnellement à l'espacement des courbes horizontales.

Ce procédé lui-même ne peut pas fournir les teintes qu'on désire obtenir pour exprimer toutes les pentes comprises entre 1° et 45°. Supposons, en effet, que pour cette dernière limite l'espacement des lignes de plus grande pente soit de 1/4 de millimètre ; arrivées à la pente de 2°, ces mêmes lignes seront à 7 millimètres de distance et elles ne formeront pas une teinte suffisante.

Comme il parait impossible, d'après les considérations précédentes, de comprendre toutes les pentes du sol naturel dans un mode uniforme de dessin, on s'est décidé à les partager en deux classes. Dans la première classe sont renfermées sous le nom de *pentes douces* toutes les pentes accessibles aux voitures d'artillerie ou dont la base surpasse cinq fois la hauteur ; toutes celles, en un mot, qui en projection sont représentées par des sections horizontales de 5 millimètres et plus. Dans la seconde figurent les pentes dont la hauteur surpasse le cinquième de la base.

On représente les premières en traçant, entre les sections

Digitized by Google

horizontales, des lignes de plus grande pente espacées au dixième, au douzième ou au seizième de leurs longueurs.

(*Mélanges.*)

La lune rousse.

« Je suis charmé de vous voir réunis autour de moi, dit un jour Louis XVIII aux membres composant une députation du Bureau des longitudes qui étaient allés lui présenter la *Connaissance des temps* et l'*Annuaire*, car vous m'expliquerez nettement ce que c'est que la lune rousse et son mode d'action sur les récoltes. » Laplace, à qui s'adressaient plus particulièrement ces paroles, resta comme attéré ; lui qui avait tant écrit sur la lune, n'avait en effet jamais songé à la lune rousse...

Les jardiniers donnent le nom de lune rousse à la lune qui, commençant en avril, devient pleine soit à la fin de ce mois soit plus ordinairement dans le courant de mai. Suivant eux, la lumière de la lune, dans les mois d'avril et de mai, exerce une fâcheuse action sur les jeunes pousses des plantes. Ils assurent avoir observé que la nuit, quand le ciel est serein, les feuilles, les bourgeons exposés à cette lumière roussissent, c'est-à-dire se gèlent, quoique le thermomètre, dans l'atmosphère, se maintienne à quelques degrés au-dessus de zéro. Ils ajoutent encore que si un ciel couvert arrête les rayons de l'astre, les mêmes effets n'ont plus lieu dans des circonstances de température d'ailleurs parfaitement pareilles. Ces phénomènes semblent indiquer que la lumière de notre satellite est douée d'une certaine vertu frigorifique : cependant, en dirigeant les plus grandes lentilles, les plus grands réflecteurs vers la lune, et plaçant ensuite à leur foyer des thermomètres très délicats, on n'a jamais rien aperçu qui puisse justifier une aussi singulière conclusion. Aussi, dans l'esprit des physiciens, la lune

Digitized by Google

rousse se trouve maintenant reléguée parmi les préjugés populaires, tandis que les agriculteurs restent encore convaincus de l'exactitude de leurs observations. Une belle découverte faite par Wells[1], il y a quelques années, me permettra, je crois, de concilier deux opinions, en apparence si contradictoires.

Personne avant Wells n'avait imaginé que les corps terrestres, sauf le cas d'une évaporation prompte, pussent acquérir la nuit une température différente de celle de l'atmosphère dont ils sont entourés. Ce fait important est aujourd'hui constaté. Si l'on place en plein air de petites masses de coton, d'édredon, etc., on trouve souvent que leur température est de 6, de 7 et même de 8 degrés centigrades au-dessous de la température de l'atmosphère ambiante. Les végétaux sont dans le même cas. Il ne faut donc pas juger du froid qu'une plante a éprouvé la nuit, par les seules indications d'un thermomètre suspendu dans l'atmosphère. La plante peut être fortement gelée, quoique l'air se soit constamment maintenu au-dessus de zéro.

Ces différences de température entre les corps solides ne s'élèvent à 6, à 7 ou 8 degrés du thermomètre centigrade, que par un temps parfaitement serein. Si le ciel est couvert, la différence disparaît tout à fait ou devient insensible.

Est-il maintenant nécessaire que je fasse ressortir la liaison de ces phénomènes avec les opinions des agriculteurs sur la lune rousse ?

Dans les nuits des mois d'avril et de mai, la température de l'atmosphère n'est souvent que de 4, de 5 ou de 6 degrés au-dessus de zéro. Quand cela arrive, les plantes exposées à la lumière de la lune, peuvent se geler nonobstant les indications du thermomètre. Si la lune, au contraire, ne brille pas, si le ciel est couvert, la température des plantes ne descendant pas au-dessous de celle de l'atmosphère, il

1. Physicien anglais.

Digitized by Google

n'y aura pas de gelée à moins que le thermomètre n'ait marqué zéro. Il est donc vrai, comme les jardiniers le prétendent, qu'avec des circonstances thermométriques toutes pareilles, une plante pourra être gelée ou ne l'être pas, suivant que la lune sera visible ou cachée derrière les nuages ; s'ils se trompent, c'est seulement dans les conclusions : c'est en attribuant l'effet à la lumière de l'astre. La lumière lunaire n'est ici que l'indice d'une atmosphère sereine ; c'est par suite de la pureté du ciel que la congélation nocturne des plantes s'opère ; la lune n'y contribue aucunement ; qu'elle soit couchée ou sur l'horizon, le phénomène a également lieu. L'observation des jardiniers était incomplète, c'est à tort qu'on la supposait fausse.

(*Astronomie populaire*. T. III).

Digitized by Google

FRESNEL

La diffraction.

On appelle *diffraction* de la lumière les modifications qu'elle éprouve en passant auprès des extrémités des corps.

Lorsqu'on fait entrer les rayons solaires dans une chambre obscure par une ouverture d'un très petit diamètre, on remarque que les ombres des corps au lieu d'être terminées nettement et d'une manière tranchée, comme cela devrait arriver si la lumière marchait toujours en ligne droite, sont fondues sur leurs contours et bordées de trois franges colorées bien distinctes, dont les largeurs sont inégales et vont en diminuant de la première à la troisième ; quand le corps interposé est assez étroit, on voit même des franges dans son ombre, qui paraît alors divisée par des bandes obscures et des bandes plus claires, placées à des distances égales les unes des autres. Nous appellerons cette seconde espèce de franges *franges intérieures*, et les autres *franges extérieures*.

Grimaldi[1] est le premier physicien qui les ait observées et étudiées avec soin. Newton qui s'est occupé aussi de la diffraction, et a même consacré à ce sujet le dernier livre de son *Optique*, ne paraît pas avoir remarqué les franges intérieures, quoique ses recherches fussent postérieures à celles de Grimaldi ; car il a dit dans la 28e question du livre III de son *Optique*, en objectant au système des ondulations que les ondes lumineuses devraient se répandre dans l'ombre des corps : « Il est vrai que les rayons, passant le long des corps, s'infléchissent un peu, comme je l'ai fait voir plus haut ; mais *cette inflexion ne se fait pas vers l'ombre*, elle se fait du côté opposé et seulement lorsque les rayons passent

1. Physicien italien (1618-1663).

Digitized by Google

à une très petite distance du corps, après quoi ils se propagent en ligne droite. » On a peine à concevoir comment l'inflexion de la lumière dans l'intérieur des ombres a pu échapper a un aussi habile observateur, surtout quand on réfléchit qu'il avait fait des expériences sur les corps les plus étroits, puisqu'il a même employé des cheveux. On serait tenté de croire que ses préventions théoriques ont pu contribuer, jusqu'à un certain point, à lui fermer les yeux sur ces phénomènes importants, qui affaiblissent beaucoup l'objection principale sur laquelle il fondait la supériorité de son système.

(*Œuvres*. T. II.)

La polarisation.

Ce n'est pas seulement par son passage au travers d'un cristal qui la divise en deux faisceaux distincts, que la lumière reçoit cette singulière modification; elle peut encore être polarisée par la simple réflexion sur la surface des corps transparents, ainsi que Malus l'a observé le premier. Si l'on fait tomber sur une glace non étamée un faisceau de lumière directe sous une obliquité de 35° environ, comptés à partir de la surface, et qu'on place un rhomboïde de spath calcaire sur le trajet du rayon réfléchi, on remarque que les deux faisceaux dans lesquels il se divise en traversant le cristal, ne sont d'égale intensité que lorsque la section principale du rhomboïde fait un angle de 45° avec le plan de réflexion, et que pour toutes les autres directions de la section principale, les intensités des images sont inégales: cette inégalité est d'autant plus sensible que la section principale s'écarte plus de l'angle de 45°; et enfin, lorsqu'elle est parallèle ou perpendiculaire au plan d'incidence, l'une des deux images s'évanouit : c'est l'image extraordinaire dans le premier cas, et l'image ordinaire dans le second. On voit que la lumière réfléchie sur le verre, sous

Digitized by Google

FRESNEL

Digitized by Google

Digitized by Google

l'inclinaison de 35°, se comporte précisément comme le faisceau ordinaire sorti d'un rhomboïde dont la section principale aurait été dirigée dans le plan de réflexion. On dit du faisceau réfléchi qu'*il est polarisé dans le plan de réflexion*, et pareillement du faisceau ordinaire sorti d'un rhomboïde de spath calcaire, qu'il est polarisé dans le plan de la section principale de ce cristal; on doit donc dire aussi que le faisceau extraordinaire est polarisé perpendiculairement à la section principale; puisqu'il présente dans ce sens les mêmes propriétés que le faisceau ordinaire dans le plan de la section principale.

La polarisation complète de la lumière s'opère par réflexion à la surface de l'eau sous l'inclinaison de 37°, et, en général, à la surface des corps transparents sous une incidence telle que le rayon réfléchi soit perpendiculaire au rayon réfracté...

Sous les autres incidences, la polarisation n'est que partielle, c'est-à-dire qu'en faisant tourner le rhomboïde on ne voit jamais disparaître une image. Elles passent bien, à la vérité, par des degrés différents de clarté; mais leurs *minima* d'intensité, qui répondent toujours aux mêmes directions de la section principale, ne sont plus égaux à zéro. Enfin, lorsque les rayons incidents sont perpendiculaires ou presque parallèles à la surface, la lumière réfléchie ne présente plus aucune trace de polarisation, c'est-à-dire que les deux images sont toujours d'égale intensité dans toutes les positions du rhomboïde.

Plusieurs corps opaques qui ne sont pas trop réfringents, tels que le marbre, les vernis noirs, etc., peuvent imprimer aussi une polarisation complète aux rayons qu'ils réfléchissent régulièrement sur leur surface; tandis que d'autres corps parfaitement diaphanes ou demi-transparents, mais très réfringents, tels que le diamant ou le verre d'antimoine, ne la polarisent jamais parfaitement. Mais ce sont surtout les métaux qui polarisent le moins la lumière qu'ils

Digitized by Google

réfléchissent, même sous les incidences les plus favorables. Il est à remarquer que les incidences qui répondent au maximum de polarisation se rapprochent d'autant plus de la surface que le corps réfléchissant est plus réfringent, autant qu'on en peut juger du moins par l'abondance de la lumière qu'il réfléchit, quand il est tout à fait opaque comme les métaux.

Les corps transparents ne polarisent pas seulement la lumière par réflexion, ils la polarisent encore par réfraction, et d'autant plus que leur surface est plus inclinée relativement aux rayons ; mais elle n'est jamais complètement polarisée de cette manière, à moins qu'on ne lui fasse traverser successivement plusieurs plaques parallèles : il en faut d'autant plus qu'elles sont moins inclinées sur les rayons incidents. Malus, auquel on doit encore la découverte de ce mode de polarisation, montra que les rayons transmis étaient polarisés dans un sens perpendiculaire à celui des rayons réfléchis ; ainsi, les premiers étant polarisés suivant le plan d'incidence, les seconds le sont perpendiculairement à ce plan. M. Arago a reconnu, par des expériences ingénieuses qui lui fournissaient des moyens d'observation très précis, que la quantité de lumière polarisée par réflexion sur la surface est toujours égale à celle qui se polarise par réfraction. On peut généraliser l'énoncé de ce principe remarquable, et dire que, toutes les fois que la lumière se divise en deux faisceaux (sans qu'il y ait absorption), la même quantité de lumière polarisée dans l'un se retrouve dans l'autre polarisée suivant une direction perpendiculaire.

(*Œuvres*. T. II.)

Emission ou ondulation ?

Suivant le système de Newton, les molécules lumineuses s'élancent des corps radieux pour arriver jusqu'à nous. Mais

Digitized by Google

n'est-il pas probable que dans un corps qui lance de la lumière, les molécules lumineuses doivent être chassées avec plus ou moins de vitesse, puisqu'elles ne se trouvent pas toutes dans les mêmes circonstances, et que vraisemblablement les unes sont exposées à une plus forte répulsion que les autres? Or, si l'on admet que les molécules lumineuses, en partant du soleil, par exemple, peuvent avoir différentes vitesses, il s'ensuit qu'elles doivent avoir différents degrés de réfrangibilité. Mais les rayons de même couleur sont toujours également réfrangibles : il faut donc supposer que les différences de couleur viennent des différences de vitesse. Il s'ensuivrait que les premiers rayons qui nous arriveraient après une éclipse de soleil seraient des rayons rouges ; or, d'après un calcul que j'ai fait dans cette hypothèse, mais dont je ne te garantis pas l'exactitude, il s'écoulerait assez de temps entre l'arrivée des rayons rouges et des rayons violets pour que nous nous aperçussions de la différence de couleur. Mais nous savons par l'expérience qu'il n'en est rien. — Tire-toi, ou plutôt tire-moi de là. Tu es dans la société des savants, et si tu n'en viens pas à bout tout seul, tu peux avec leur secours pulvériser mes objections.

En attendant, je t'avoue que je suis fort tenté de croire aux vibrations d'un fluide particulier pour la transmission de la lumière et de la chaleur. On expliquerait l'uniformité de la vitesse de la lumière comme on explique celle du son ; et l'on verrait peut-être dans les dérangements d'équilibre de ce fluide la cause des phénomènes électriques. On concevrait facilement pourquoi un corps perd tant de chaleur sans perdre de son poids, pourquoi le soleil nous éclaire depuis si longtemps sans diminuer de volume, etc.

(*Lettre d'Augustin Fresnel à son frère Léonor*, 1814. *Œuvres*. T. II.)

Digitized by Google

FARADAY

Les manipulations chimiques.

On peut, sans exagérer, avancer que les neuf dixièmes des faits sur lesquels la chimie repose sont dus à l'art ; et sans la masse de lumière que la main de l'homme a fait jaillir, cette science n'existerait pas ; car, bien qu'elle ne soit pas uniquement composée d'expériences, elle repose essentiellement sur leurs résultats : bien différente, en cela, de l'astronomie, de la botanique, de la zoologie et des autres sciences qui ont pour objet les apparences et les phénomènes que présentent les corps dans leur état naturel. De là naît aussi le principal attrait qu'elle offre à ceux qui la pratiquent.

Ces considérations suffisent pour démontrer la nécessité des expériences et si on y joint la grande influence qu'elles exercent sur les différents corps pour en modifier les propriétés, pour les faire servir à nos besoins ou à nos plaisirs, on concevra facilement les motifs qui nous ont déterminé à publier ce livre, qui doit faciliter aux étudiants en chimie le moyen de se livrer à la pratique de cette science.

Les expériences ont deux buts principaux : celui d'agrandir la sphère des connaissances actuelles, ou de constater les résultats obtenus antérieurement. Dans l'un et dans l'autre cas, elles sont indispensablement nécessaires aux progrès des découvertes chimiques. Il y a deux choses à distinguer dans toute expérience : d'abord la manière dont elle doit être disposée, les agents que l'on doit employer, les effets qu'on peut en attendre ; secondement l'exécution même de l'expérience.

La manière de concevoir une expérience et d'en tirer des

Digitized by Google

conséquences, étant une affaire purement d'intelligence, il ne reste plus que l'exécution elle-même, que l'on peut convenablement désigner sous le nom de *manipulation*.

Quoique la manipulation soit souvent regardée comme un objet secondaire, elle n'en est pas moins d'une haute importance dans les sciences expérimentales, et plus spécialement encore en chimie. Celui, en effet, qui ne pourrait que concevoir sans connaître les moyens d'opérer, se trouverait dans l'impossibilité d'étendre ses connaissances, ou de leur donner un but utile. Toutes les fois qu'il se présente à l'esprit un doute qui peut être levé plus facilement à l'aide d'une expérience que par tout autre moyen, le philosophe ne peut qu'ajouter le plus grand prix à ce qui le met à même de faire cette expérience de la manière la plus simple, la plus rapide et la plus exacte. Cette voie est pour lui ce que les sens sont à l'esprit ; c'est-à-dire un agent qui lui révèle des choses jusqu'alors inaperçues, et dont l'utilité se fait sentir dans tous les instants.

Il est beaucoup d'expériences et même des séries entières de recherches, dont le succès dépend essentiellement de la manipulation. Tel est particulièrement le cas lorsque l'on fait des analyses d'après des procédés connus : le mérite du résultat dépend alors uniquement de l'adresse du manipulateur, comme dans l'analyse des pierres siliceuses, calcaires ou alumineuses et des substances organiques par les moyens indiqués dans les ouvrages de chimie ; dans la préparation des produits chimiques, enfin dans l'analyse du mélange d'un certain nombre de gaz, problème qui se présente fréquemment en chimie.

Ainsi, par une manipulation sûre et facile, on obtient un avantage indépendant de ceux qui tiennent à la connaissance des principes de la science ; il est tel que de deux personnes également instruites et intelligentes, celle qui manipulera le mieux acquerra sur l'autre une supériorité marquée ; car tandis que l'expérience fournira à la première des résultats

Digitized by Google

positifs, la seconde restera en proie à ses doutes, ou sera égarée par l'insuffisance de ses théories...

Dans d'autres cas, lorsqu'il s'agit de phénomènes qu'il était impossible de prévoir et qu'on ne peut pas toujours reproduire, comme dans l'étude d'une substance inconnue ou de son action sur d'autres corps, l'on sentira toute l'importance de la précision et de l'exactitude dans la manipulation ; sans cela, les résultats obtenus peuvent être occasionnés ou modifiés par la présence de substances étrangères, ou par d'autres causes qui échappent à l'opérateur, et l'on serait exposé à ne déduire que de fausses conséquences, lorsqu'il serait d'autant plus essentiel d'en obtenir d'exactes, que le sujet étant nouveau, offre ordinairement peu de rapports avec nos connaissances antérieures, et que celles-ci nous sont d'un faible secours pour réparer l'erreur. Les commençants ne sont pas les seuls qui soient exposés à se laisser induire en erreur, car il serait facile de citer beaucoup de circonstances dans lesquelles les hommes les plus exercés se sont laissés entraîner à de fausses conclusions.

Une manipulation adroitement exécutée produit un autre avantage, c'est de donner souvent à nos recherches une direction nouvelle, et cela de deux manières. Premièrement, la manifestation de phénomènes clairs et distincts conduit non seulement au résultat exact que l'on cherche, mais très souvent encore elle suggère des idées imprévues, qui, poursuivies et étendues, peuvent amener une nouvelle série de notions et de découvertes, tandis que si l'expérience, suffisante pour résoudre les doutes que l'on cherche à lever, est cependant dépourvue d'un certain degré de précision, là se borne le résultat et il n'en sort aucune nouvelle lumière.

En second lieu, il est possible que les essais ne puissent être exécutés que sur des quantités minimes, et ce qui dans les mains de certaines personnes suffirait à peine pour

Digitized by Google

donner une connaissance générale de la nature d'une substance, peut dans celles d'une autre produire les résultats les plus complets et les plus minutieux, aussi parfaits que ceux qu'on obtiendrait à l'aide des quantités les plus considérables. On trouve de nombreuses preuves de l'avantage de savoir opérer sur de petites quantités, dans les occasions où l'on est obligé de rechercher la présence de l'arsenic dans les cas d'empoisonnement ; car il est des personnes qui, en opérant sur une fraction de grain, obtiendront les preuves les plus convaincantes, tandis que plusieurs grains ne suffiront point à quelques autres pour arriver à une conclusion positive.

(*Manipulations chimiques*. Traduction Maiseau et Bussy.)

Une chandelle.

J'ai l'intention, dans ces entretiens, de vous raconter l'histoire chimique d'une chandelle. C'est là un sujet que j'ai déjà traité ; mais l'intérêt qui s'y rattache est si grand, ses rapports avec les diverses branches des sciences naturelles sont si variés, que je le reprendrais volontiers chaque année pour peu qu'on me laissât le choix. Toutes les lois qui régissent notre univers se manifestent dans les phénomènes qu'une simple chandelle nous fournira l'occasion de passer en revue.

Avant de commencer, permettez-moi d'ajouter que, bien que le sujet soit vaste et que je désire le traiter à fond, sérieusement et philosophiquement, mes paroles ne s'adresseront pas aux plus âgés d'entre vous. Je réclame le privilège de parler à mes plus jeunes auditeurs comme si je n'étais pas leur aîné. J'ai déjà tenté de me mettre à leur portée, je recommencerai l'épreuve si vous le voulez bien On va rédiger ma causerie, je le sais ; cela ne m'empêchera

Digitized by Google

pas d'employer un langage familier, afin de rester à la portée des écoliers et des écolières dont je m'imagine, pour l'occasion, être le camarade.

Cela entendu, mes enfants, je vais d'abord vous expliquer de quoi se compose une chandelle. J'ai ici quelques morceaux de bois, des branches de certains arbres remarquables par la facilité avec laquelle elles brûlent...

Mais occupons-nous des chandelles que le commerce nous livre. Voici des chandelles dites *chandelles à la plonge*. Elles se fabriquent en plongeant une mèche de coton, suspendue au bout d'une baguette au moyen de l'anneau formé par des fils mis en double, dans du suif en fusion; on retire la mèche imbibée de graisse, on la laisse refroidir, puis on recommence l'opération jusqu'à ce qu'il y ait autour de la mèche une accumulation suffisante de suif...

Gay-Lussac[1], ou un autre chimiste auquel il avait communiqué son savoir, nous a appris à transformer cette matière en une belle substance nommée stéarine. Une bougie de stéarine n'est pas, vous le savez, un vilain objet graisseux, mais une chandelle bien propre, dont vous pouvez presque enlever les gouttes en les grattant ou en les pulvérisant sans gâter l'étoffe où elles sont tombées par hasard. Voici le procédé adopté par ce savant : On fait d'abord bouillir la graisse de bœuf avec de la chaux vive, de façon à la convertir en savon ; puis on décompose ce savon au moyen de l'acide sulfurique, qui l'enlève la chaux et laisse la graisse transformée en acide stéarique, produisant en même temps une certaine quantité de glycérine. La glycérine est un sucre, ou une substance analogue au sucre, qui se sépare du suif pendant cette opération chimique. On presse alors la stéarine pour en extraire l'huile : cette série de pains plus ou moins pressés vous montre comment les impuretés disparaissent avec la partie huileuse à mesure que la pression

1. C'est M. Chevreul qui a découvert la stéarine.

Digitized by Google

s'accroît, jusqu'à ce qu'on ait obtenu la substance bien homogène qu'on fait fondre afin d'en fabriquer des chandelles semblables à celle-ci. Dans l'échantillon que je tiens à la main, il entre de la stéarine extraite du suif par le procédé que j'ai indiqué...

Et comment fabrique-t-on les chandelles ? Je vous ai parlé des chandelles dites *à la plonge*, et maintenant je vous expliquerai comment on fabrique les chandelles moulées...

(*Histoire d'une chandelle.* Traduction W. Hugues.)

Digitized by Google

JEAN-BAPTISTE DUMAS

La balance de Lavoisier.

Lavoisier fait construire une balance d'une parfaite précision, instrument qui avant lui n'avait jamais été sérieusement employé dans les recherches chimiques. Il en étudie les allures, reconnaît la nécessité des doubles pesées et ne manque pas d'en adopter l'emploi.

Comme il avait besoin de faire bouillir pendant longtemps de l'eau dans un vase de verre, et qu'il devait vérifier son poids de temps à autre pour s'assurer qu'il ne laissait rien échapper, il pèse ce vase à des températures diverses, et s'assure que le vase, quoique bien fermé, perd un peu de son poids quand il est chaud. Il n'en voit pas la cause... ; mais il n'en déduit pas moins la nécessité, trop souvent négligée depuis, de faire les pesées qu'on veut comparer aux mêmes températures ; pour le moment, c'est tout ce dont il avait besoin.

... La balance est donc, dès le premier essai, entre les mains de Lavoisier, un réactif, permettez-moi cette expression, et un réactif fidèle dont il a fait depuis un usage constant.

Aussi n'est-ce point à la légère qu'il a choisi cet instrument ; s'il l'adopte, c'est qu'il est guidé par une pensée nouvelle et profonde ; pour lui, tous les phénomènes de la Chimie sont dus à des déplacements de matière, à l'union ou à la séparation des corps. Rien ne se perd, rien ne se crée, voilà sa pensée ; et dès l'application qu'il en fait, il efface une grande erreur.

Pour lui, dans toute réaction chimique désormais les produits formés doivent peser autant et pas plus que les produits employés. Si cette condition d'égalité ne se mani-

Digitized by Google

feste pas, c'est que la chimie n'a pas tout su recueillir, ou bien qu'elle a méconnu l'intervention de quelques corps occultes. La balance vous apprend donc à l'instant qu'il faut retrouver le produit perdu, ou reconnaître la nature du corps qui a compliqué l'expérience. Son application à l'étude des phénomènes naturels devait donc révolutionner la chimie et pouvait seule la révolutionner : aussi voyons-nous Lavoisier, peu de temps après, fonder les premières bases de la théorie sur l'application de cet instrument.

(*Philosophie Chimique.*)

L'unité de la matière.

La chimie tend vers l'unité de la matière ; elle n'y est point parvenue. De telles questions sont faites pour alimenter longtemps la dispute. Ceux qui s'en tiennent au présent peuvent dire : je suis sûr que l'unité de la matière n'est pas démontrée. Ceux qui croient qu'elle le sera peuvent se fortifier dans leurs opinions, en contemplant le chemin parcouru depuis un demi-siècle et la pente insensible qui semble conduire à cette opinion : quoi qu'il en soit et quel parti que l'on prenne dans un tel débat, pourquoi le fermer ? Il ranime pour le chimiste l'intérêt qui s'attache à la découverte de chaque nouveau corps simple ; il excite les physiciens à l'étude comparative de leurs qualités les plus intimes ; il convie les géomètres à appliquer, à tenter sur les molécules chimiques, véritables systèmes planétaires microscopiques, la puissance de ce calcul à qui les grands mouvements des corps célestes, assujettis par Newton et Laplace aux lois de la mécanique, semblent ne plus offrir désormais d'obstacles.

(*Idem.*)

Digitized by Google

La conservation de la matière et de la force.

Lavoisier, étudiant ces actions chimiques, la balance à la main, a prouvé... que dans chacune d'elles le poids des substances produites est égal au poids des substances employées. Acceptons comme une vérité philosophique cette découverte de son génie : la matière est pesante, l'homme n'a jamais rien créé ni rien détruit, qui fût pesant ; dans la nature, depuis que l'univers a reçu sa forme actuelle, rien ne se perd, rien ne se crée de ce qui est pesant ; la matière se déplace, change d'aspect ou d'état ; elle ne périt pas. En serait-il de même à l'égard de la force ? Tout en restant impondérable, serait-elle de même changeante dans ses manifestations, perpétuelle dans son activité ? L'homme impuissant à créer la matière serait-il également impuissant à créer la force ? Auguste de la Rive[1] a contribué, pour une large part, à prouver qu'il en est ainsi, et il a su conduire, jusqu'à ses plus hautes conséquences philosophiques, la plus humble des expériences de laboratoire, celle de Galvani[2]. Deux lames, l'une de zinc, l'autre de cuivre, unies par une de leurs extrémités, font naître des sensations, lorsqu'on touche un organe avec leurs deux extrémités libres : la langue perçoit une saveur ; l'œil est traversé par des éclairs ; l'oreille entend bruire des sons, les muscles sont agités de convulsions. En augmentant le nombre de ces couples métalliques, en étendant leur surface et en les plongeant dans un liquide salé ou acide, Volta avait construit sa célèbre pile, d'où il a surgi une chaleur et une lumière comparables à celle du soleil, une puissance chimique supérieure à celle des volcans, un magnétisme égal à celui de la terre et des phénomènes physiologiques considérés, jusqu'alors,

1. Physicien suisse (1801-1871).
2. Physicien italien (1737-1798)

Digitized by Google

comme propres aux seules manifestations de la vie. Fallait-il admettre que tous ces effets naissent de rien, et que les deux métaux qui les avaient produits conservaient sans changements, leur nature, leur poids et toutes leurs qualités ?

. . . . . .

Il ne se manifeste point d'électricité, si l'un des deux métaux n'est rongé, c'est-à-dire s'il ne subit une véritable action chimique. Le courant électrique est peu sensible, quand l'action chimique est faible ; intense, lorsqu'elle est puissante. Le circuit électrique part du métal attaqué et revient vers l'autre. Les deux métaux sont-ils attaqués à la fois, le mouvement électrique part de celui qui l'est le plus vivement. Changez la nature du milieu, et vous renversez, à volonté, l'action chimique et le sens du courant. Cette dernière expérience est décisive. Si le contact de deux métaux différents suffisait pour créer le courant électrique, celui-ci devrait toujours marcher dans le même sens. Si ce courant est le résultat d'une action chimique, il doit, au contraire, marcher tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, partant du métal attaqué et se dirigeant vers celui qui ne l'est pas ; c'est ce que constate Auguste de la Rive. Lorsqu'on inscrit l'électricité en recette, il faut donc inscrire la force chimique en dépense. On n'a rien créé ; on a transformé. Voilà la théorie de la pile. Ces vérités ont reçu des travaux de Faraday une éclatante consécration...

Si le charbon qui brûle explique la force de la machine à vapeur, le zinc qui brûle explique seul la puissance de la pile de Volta. La pile ne crée pas plus l'électricité qu'elle utilise que la machine de Watt ne crée la chaleur dont elle fait emploi ; cette électricité provient tout entière du métal brûlé par les acides.

. . . . . .

La démonstration est donc complète. L'homme ne fait naître ni électricité, ni magnétisme, ni chaleur, ni lumière ;

Digitized by Google

il tire ces forces des réservoirs qui les recèlent et où il ne les a point placées.

(*Éloge d'Auguste de la Rive.*)

Les limites de la science.

Le rôle de la philosophie de la nature dans les événements du siècle dernier a été considérable. Les écoles grecques croyaient déjà connaître la raison des choses ; les poètes romains se regardaient, à leur tour comme les interprètes de la création ; Diderot et ses émules s'annonçaient aussi en possession de l'univers. Les découvertes dont les sciences se sont enrichies dans le cours de notre âge démontrent, cependant, qu'il n'appartient qu'à l'ignorance de considérer le livre de la sagesse comme nous ayant été révélé tout entier. La source de la vie et son essence nous demeurent inconnues. Nous n'avons pas saisi le lien mystérieux qui, joignant le corps à l'esprit, constitue l'unité de la personne humaine. Nous n'avons pas le droit de traiter l'homme comme un être abstrait, de dédaigner son histoire et d'attribuer à la science des prétentions à la direction de l'axe moral du monde, que ses progrès n'autorisent pas.

Nous avons conquis la terre, il est vrai, mesuré la marche des planètes, soumis la mécanique céleste au calcul, constaté la nature des étoiles, percé la brume des nébuleuses et réglé même le mouvement désordonné des comètes ; mais, par delà les astres dont la lumière emploie des siècles à nous parvenir, il est encore des astres dont les rayons s'éteignent en chemin, et plus loin, toujours plus loin, sans cesse et sans terme, brillent, dans des firmaments que le nôtre ne soupçonne pas, des soleils que ne rencontreront pas nos regards, des mondes innombrables à jamais fermés pour nous. Après deux mille ans d'efforts, si nous atteignons enfin l'extrémité lointaine de notre uni-

Digitized by Google

vers, qui n'est qu'un point dans l'espace immense, nous sommes arrêtés, muets et pleins d'épouvante, au seuil de l'infini dont nous ne savons rien.

La nature de l'homme, son existence présente et future, sont des mystères impénétrables aux plus puissants génies, comme au reste des humains, écrivait d'Alembert au plus haut de sa renommée ; ce que nous savons est peu de chose, disait Laplace mourant et ce fut la dernière parole de l'illustre rival de Newton.

(*Réponse à M. Taine, à l'Académie française.*)

La définition de la chimie.

Lorsqu'une circonstance quelconque oblige deux masses de matière, deux corps à se toucher, nous observons divers phénomènes. S'ils sont tous les deux solides, et nous supposerons pour fixer les idées qu'on opère sur une lame de fer et une lame de verre, dans des circonstances telles que nos instruments ou nos sens nous permettent d'apprécier qu'elles sont à des températures différentes, il suffira de les abandonner à elles-mêmes, pendant un temps plus ou moins long, pour qu'elles parviennent à un état d'équilibre dans lequel elles manifesteront l'une et l'autre la même température. Toutefois on pourra se convaincre, par un examen attentif, qu'à l'exception de cette circonstance, chacune d'elles a conservé les propriétés particulières qu'elle possédait avant l'expérience. On n'obtiendra pas de résultat plus prononcé, si l'on substitue au simple contact des moyens propres à produire la division mécanique la plus parfaite. Si l'on pulvérise un mélange de marbre et de verre, qu'on le réduise à l'état d'une fine poussière, chacune des parcelles ainsi obtenues présentera toujours en petit les propriétés caractéristiques de la masse dont elle provient. Le marbre et le verre resteront séparés.

Digitized by Google

Ce n'est pourtant pas ainsi que les choses se passent dans toutes les circonstances. Une lame de fer exposée à l'air humide s'altère rapidement, se recouvre d'une rouille qui dénature sa surface et en ronge le poli. Cette rouille renferme du fer, mais elle diffère de ce métal par ses propriétés chimiques, par sa forme pulvérulente, par sa couleur jaunâtre et par ses rapports avec le barreau aimanté. Cette rouille contient de l'eau, mais cette eau n'est plus liquide ; elle renferme aussi un des principes de l'air, mais ce corps s'est solidifié. Le contact de l'eau, de l'air et du fer a donné lieu par conséquent à une réaction par laquelle ces divers corps ont été considérablement modifiés. De même, si l'on verse du vinaigre sur un marbre poli, une ébullition lente se manifeste, le vinaigre perd sa saveur acide, et le marbre se trouve rongé plus ou moins profondément.

Ces deux grandes classes de phénomènes dus au contact se rapportent à deux branches des connaissances humaines qui présentent de fréquents rapprochements, mais qui se séparent facilement par l'ensemble des idées et des méthodes. La chimie s'occupe des contacts qui sont accompagnés d'une altération quelconque dans la composition des corps; la physique embrasse tous les autres cas. Les variations qui surviennent dans l'arrangement ou les propriétés d'une masse de molécules similaires n'offrent donc au chimiste qu'un intérêt secondaire, tandis qu'il réserve toute son attention pour les phénomènes de contact qui déterminent la réunion ou la séparation de molécules différentes par leur nature. Il suffit de jeter un coup d'œil autour de nous, d'examiner les caractères des terrains qui forment la surface du globe, l'organisation des êtres vivants qui l'habitent, les procédés des manufactures, pour se convaincre que nous sommes environnés d'une foule de matières variées, qui sans cesse se combinent ou se désunissent de manière à produire des modifications infinies en apparence.

Classer les corps d'après leur composition, étudier les

Digitized by Google

lois qui régissent leurs mouvements, tel est le but de la chimie. Cette science se partage donc en deux branches. La première, purement descriptive, a pour objet l'étude extérieure de tous les corps simples ou composés ; la seconde, plus élevée dans ses méthodes et dans son objet, cherche à démêler ce qu'il y a de général dans la constitution des corps, et dans leurs actions réciproques.

(*Traité de Chimie appliquée aux Arts.* T. I. Introduction.)

Digitized by Google

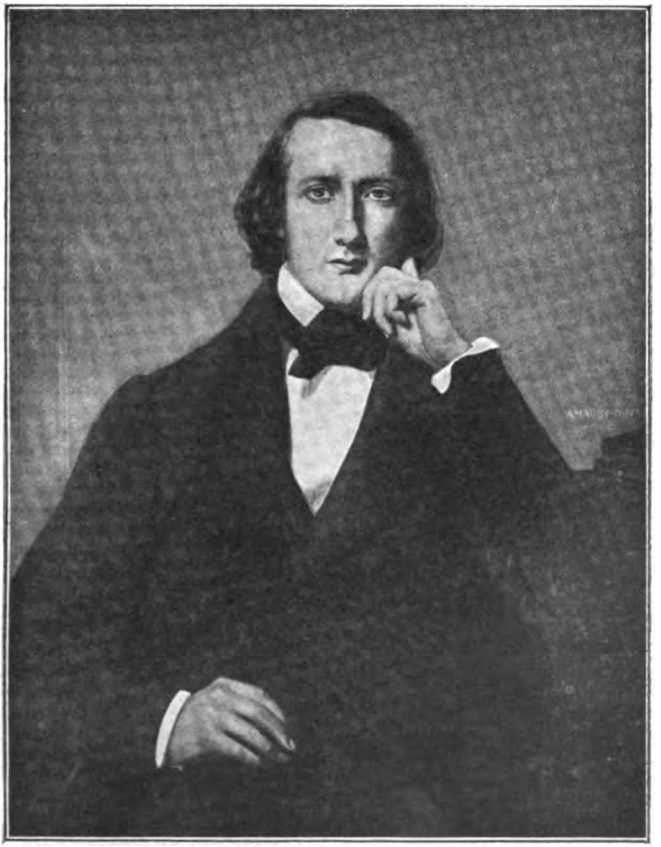
VICTOR REGNAULT

Le travail des machines à vapeur.

Le calcul théorique du travail produit par les machines à vapeur, est fondé sur quelques principes incontestables de la mécanique générale et sur plusieurs lois physiques qui sont loin d'avoir été établies sur des bases certaines. Les auteurs qui ont écrit sur la théorie de ces machines ont été obligés d'admettre, comme bases de leurs calculs, des lois qui ne doivent être considérées que comme des hypothèses auxquelles les physiciens ont été conduits, le plus souvent, en étendant aux vapeurs des lois qui ne sont pas même rigoureusement exactes pour les gaz permanents. Aussi, lorsque l'on compare le travail rigoureusement produit par une machine avec celui que donne le calcul théorique, on trouve toujours, même dans les meilleures machines, un déficit considérable. Une grande partie de ce déficit peut être attribuée aux perturbations apportées aux conditions physiques par le jeu même des appareils ; elle est due aux pertes de force vive occasionnées par le refroidissement de la vapeur, au travail résistant qui se développe pendant sa marche à travers des tuyaux de formes irrégulières et à son passage par des orifices plus ou moins rétrécis. Enfin il y a des pertes de force vive produites par les frottements et les vibrations des divers éléments de la machine. Mais une grande partie de la différence pourrait bien être occasionnée par l'inexactitude des lois fondamentales que l'on a admises dans le calcul.

Les académiciens appelaient depuis longtemps de leurs vœux un travail général ayant pour but d'établir ces lois fondamentales sur une série d'expériences directes exécu-

Digitized by Google



VICTOR REGNAULT

Digitized by Google

Digitized by Google

tées avec les moyens de précision que les sciences physiques nous présentent maintenant. J'avais formé, depuis quelque temps, le projet de m'occuper de ce travail, et, à plusieurs reprises, j'avais tenté quelques expériences d'essai, mais elles avaient seulement servi à me démontrer que des résultats précis ne pouvaient être obtenus qu'au moyen d'appareils considérables, dont les frais de construction dépassaient beaucoup les moyens très bornés que nous avons à notre disposition dans les laboratoires de physique, et j'aurais été arrêté complètement dans l'exécution de mes projets, si M. le Ministre des Travaux publics... n'avait mis à ma disposition les fonds nécessaires à l'exécution de ce long et pénible travail.

Pour faire connaître nettement quelles sont les principales lois sur lesquelles repose la théorie des machines à vapeur, il me paraît nécessaire d'exposer en quelques mots les principes de cette théorie.

On peut diviser tous les systèmes connus des machines à vapeur en quatre classes : 1° Les machines sans détente et sans condensation. 2° Les machines avec détente et sans condensation. 3° Les machines sans détente avec condensation. 4° Les machines avec détente et condensation.

Les trois premières classes de machines peuvent être considérées, sous le rapport théorique, comme des cas particuliers de la quatrième classe, qui réalise le cas le plus complexe, le seul dont nous ayons besoin de nous occuper.

Nous supposerons une machine idéale, qui ne se trouve soumise à aucune cause de refroidissement extérieure, ni à aucune perte de force vive produite par les frottements, les rétrécissements des orifices, etc., etc. Nous supposerons la chaudière d'une capacité très grande, relativement à celle du corps de pompe, de telle sorte que la pression de la vapeur puisse être considérée comme absolument constante dans la chaudière pendant le jeu des appareils, la

Digitized by Google

chaleur du foyer reproduisant constamment la quantité de vapeur consommée par la machine.

(*Relation des expériences pour déterminer les principales lois et les données numériques qui entrent dans le calcul des machines à vapeur.*)

La loi de la compressibilité des gaz.

Lorsqu'un gaz, renfermé dans un espace à parois mobiles, est soumis à une pression extérieure de plus en plus grande, il se réduit à un volume de plus en plus petit. Boyle[1] et Mariotte sont les premiers physiciens qui aient cherché à déterminer la loi de cette contraction.

Leurs expériences, faites sur l'air atmosphérique, les ont conduits à établir cette loi très simple... connue sous le nom de *loi de Mariotte* :

Les volumes d'un gaz sont inversement proportionnels aux pressions qu'il supporte ; ou, en d'autres termes, *les densités d'un même gaz sont proportionnelles aux pressions.*

Depuis cette époque, un grand nombre de physiciens ont cherché à s'assurer, par l'expérience, si cette loi devait être admise comme rigoureuse pour l'air atmosphérique jusque dans les plus hautes pressions, et si elle pouvait être appliquée aux autres fluides élastiques.

. . . . . .

En résumé, les expériences les plus précises faites jusqu'à ce jour semblent démontrer, d'une manière incontestable, que jusqu'à 30 atmosphères, l'air atmosphérique suit rigoureusement la loi de Mariotte. Cependant, ce résultat me paraissait difficile à concilier avec les variations très notables que j'ai reconnues sur le coefficient de dilatation de l'air atmosphérique, suivant que cet air est soumis à des

1. Physicien anglais (1627-1691).

Digitized by Google

pressions plus ou moins considérables. Quelques déterminations de la densité de l'air atmosphérique, sous des pressions plus faibles que celle de l'atmosphère, augmentèrent mes inquiétudes à ce sujet. La loi de contraction des gaz est une loi fondamentale en physique; elle entre dans toutes les déterminations qui sont faites sur les gaz, et, par suite, elle domine tous les phénomènes de la chaleur. Il importe au suprême degré qu'il ne reste aucune incertitude sur cette loi. Je n'ai pas hésité à faire de nouvelles recherches sur ce sujet, malgré les imposantes autorités qui s'en étaient précédemment occupées. Ces expériences ont d'ailleurs pu se faire sur une grande échelle, et à peu près sans frais, au moyen des appareils que j'avais établis pour étudier les lois des vapeurs.

. . . . . .

(Il est facile) d'atteindre à une grande rigueur, en disposant les appareils d'après le principe suivant :

Un tube de verre d'un diamètre intérieur de $0^m,008$ à $0^m,010$ et de 3 mètres de longueur, est placé dans une position verticale. Ce tube, fermé à son extrémité supérieure, communique, par sa partie inférieure, avec un second tube vertical, très long, destiné à contenir la colonne de mercure qui pressera l'air renfermé dans le premier tube. Sur ce premier tube on a tracé deux repères : l'un vers l'extrémité inférieure du tube, correspond au volume 1 ; le second repère correspond exactement à la moitié de la capacité du tube, depuis son extrémité supérieure jusqu'au trait du repère inférieur ; il indique, par conséquent, le volume $\frac{1}{2}$.

On remplit le volume 1 d'air sec sous la pression d'une atmosphère, puis, au moyen de mercure, on refoule cet air, de manière à lui faire occuper le volume $\frac{1}{2}$. Si la loi de Mariotte est rigoureusement exacte, on doit trouver que la force élastique du gaz est devenue 2 atmosphères.

Digitized by Google

On remplit maintenant le volume 1 d'air sous une pression de 2 atmosphères, et on le refoule dans le volume $\frac{1}{2}$; sa force élastique doit être alors de 4 atmosphères.

En remplissant le volume d'air sous la pression de 4 atmosphères, et réduisant cet air dans le volume $\frac{1}{2}$, on devra obtenir une force élastique de 8 atmosphères, et ainsi de suite.

On s'assure, par conséquent, dans cette manière d'opérer, si un volume 1 d'air sous une pression h acquiert une force élastique $2h$ lorsqu'on le réduit au volume $\frac{1}{2}$. Les volumes occupés par le gaz sont toujours très considérables, par suite susceptibles d'une mesure précise; et, en amenant constamment les ménisques aux mêmes repères, on évite toute incertitude de graduation.

En plaçant un troisième repère correspondant au volume $\frac{1}{4}$, on peut s'assurer si un volume 1 de gaz sous une pression h acquiert une force élastique $4h$ lorsqu'on le réduit à un volume $\frac{1}{4}$.

. . . . . .

On peut conclure de là avec certitude que *l'air atmosphérique ne suit pas rigoureusement la loi de Mariotte, et qu'il se comprime réellement un peu plus que cela ne devrait avoir lieu d'après cette loi.*

(*Comptes rendus de l'Académie des sciences.* 1846, 2e sem.)

Digitized by Google

WURTZ

Les atomes.

Nous considérons de plus près l'hypothèse de la discontinuité de la matière, qui serait formée de molécules et d'atomes en mouvement, dans un milieu qui remplit tout l'univers et qui pénètre tous les corps, l'éther.

Les atomes ne sont pas des points matériels : ils ont une étendue sensible et sans doute une forme déterminée ; ils diffèrent par leurs poids relatifs et par les mouvements dont ils sont animés. Ils sont indestructibles, indivisibles par les forces physiques et chimiques auxquelles ils servent, en quelque sorte, de points d'application. La diversité de la matière résulte de différences primordiales, éternelles dans l'essence même de ces atomes et dans les qualités qui en sont la manifestation.

Les atomes s'attirent les uns les autres et cette attraction atomique est l'affinité. C'est sans doute une forme de l'attraction universelle, mais elle en diffère par la raison que, si elle obéit à l'influence de la masse, elle dépend aussi de la quantité des atomes. L'affinité est élective, comme on dit depuis cent ans. Elle engendre des agrégations d'atomes, des molécules, des combinaisons chimiques. Dans celles-ci les atomes ne sont plus libres de leurs mouvements, ils les exécutent d'une façon coordonnée en quelque sorte, et constituent un système où tout est solidaire et où ils sont assujettis. C'est la molécule. Celle-ci a une masse déterminée, un centre de gravité et des mouvements propres. L'énergie de ces mouvements moléculaires détermine une condition physique très importante : la température...

L'éther n'est point le vide : c'est un milieu formé par une matière très raréfiée, élastique, agitée par des vibrations per-

Digitized by Google

pétuelles qui se transmettent de la matière atomique à l'éther et de l'éther à la matière atomique. Est-ce un milieu homogène, continu ? est-il formé lui-même par des atomes de second ordre, sortes de monades, qui formeraient, par leur agrégation, la matière pondérable elle-même ?...

Ce milieu est donc l'intermédiaire entre toutes les parties de l'univers. Messager rayonnant, il reçoit et nous transmet, sous forme de lumière et de chaleur, les radiations, c'est-à-dire les vibrations que lui impriment le soleil et les étoiles les plus lointaines, et renvoie dans l'espace celles qui proviennent de notre monde solaire.

(*La théorie atomique.*)

Encore les atomes.

Nous avons vu le progrès des idées... aboutir à une même idée fondamentale, celle qui consiste à chercher la cause première des phénomènes chimiques dans la diversité de la matière, chaque substance primordiale étant formée par des atomes doués d'une énergie propre et d'une aptitude particulière à la dépenser. Ces deux propriétés des atomes, distinctes l'une de l'autre, rendent compte de tous les phénomènes chimiques, la première mesurant leur intensité, la seconde gouvernant leur mode. Ainsi affinité et atomicité, telles sont les deux manifestations de la force qui réside dans les atomes, et cette hypothèse des atomes forme aujourd'hui le fonds commun de toutes nos théories, la base assurée de notre système de connaissances chimiques. Elle prête une simplicité saisissante aux lois concernant la composition des corps, elle donne des aperçus sur leur structure intime, elle intervient dans l'interprétation de leurs propriétés, de leurs réactions, de leurs métamorphoses, elle fournira, sans doute, plus tard des points d'appui à la mécanique moléculaire.

Digitized by Google

WURTZ

Digitized by Google

Digitized by Google

C'est donc une grande idée que celle de Dalton, et l'on peut dire à bon droit que, parmi les progrès que les doctrines chimiques ont accomplis depuis Lavoisier, celui-là est le plus important. Il a changé la face de la science, car les derniers développements qui en sont sortis ont substitué aux idées anciennes sur le mode d'action de l'affinité et sur le dualisme dans les combinaisons une conception plus large qui embrasse aujourd'hui, comme des cas particuliers, ces phénomènes de l'action réciproque des acides et des bases sur lesquelles Lavoisier avait fondé son système. L'idée dominante de ce système, la constitution dualistique des sels... n'est plus acceptable aujourd'hui, et c'est en vain qu'on essayerait de la maintenir. Faut-il le regretter au point de vue de l'enseignement, où cette théorie, si belle dans sa simplicité, a régné sans partage pendant soixante ans? Nous ne le pensons pas. L'hypothèse contraire proposée par Davy et Dulong, et rendue triomphante par Laurent et Gerhardt[1], rend compte des faits avec justesse et clarté et en embrasse un plus grand nombre. Pour Lavoisier, sa gloire demeure dans tout son éclat. Son œuvre est dans ses immortelles découvertes, dans sa méthode, dans les principes éternellement vrais qu'il a posés sur la nature des corps simples et sur la combinaison chimique, et non dans une formule sur la constitution des sels. L'hypothèse dualistique par laquelle il avait exprimé cette constitution et que ses successeurs avaient étendue à la chimie tout entière, a fait son temps. A ceux qui, par système ou par habitude, voudraient la retenir encore, essayant de l'abriter sous le grand nom de Lavoisier, nous serions tentés de rappeler ce mot de Bacon : « La vérité est fille du temps et non pas de l'autorité. »

(*Histoire des doctrines chimiques depuis Lavoisier.*)

---

1. Chimistes français novateurs, auxquels la chimie récente doit beaucoup.

Digitized by Google

Une réforme.

Les éditions de ce petit livre se succèdent rapidement, bien que les doctrines qu'il expose et la méthode qu'il essaye de propager soient bannies de l'enseignement officiel[1]. A quelques exceptions près, ce dernier a maintenu le cadre et l'esprit des programmes tracés il y a trente ans. Exprimant l'état de la science à cette époque déjà lointaine, ces programmes, d'ailleurs bien rédigés, ont besoin d'être modifiés aujourd'hui. Dans tous les pays de l'Europe, excepté dans le nôtre, on a tenu compte, pour l'enseignement élémentaire de la chimie, des progrès accomplis de nos jours, dans toutes les parties de cette science. Les idées qui se sont fait jour sur la constitution des composés organiques et sur le mode de combinaison de leurs éléments, ont été étendues aux combinaisons minérales elles-mêmes, et ont cimenté l'alliance entre la chimie minérale et la chimie organique. A la base de ces idées, se trouve une hypothèse célèbre, celle des atomes, hypothèse conçue dans l'antiquité, renouvelée dans les temps modernes, et à laquelle les découvertes qui ont constitué la chimie à la fin du siècle dernier, ont donné, au commencement du nôtre, une expression nouvelle et une forme précise. Elle s'applique avec un égal bonheur à l'explication des phénomènes chimiques tels qu'ils nous apparaissent aujourd'hui, et à l'interprétation des faits concernant les états physiques de la matière et les changements que leur font éprouver les agents impondérables. La théorie des atomes sert donc de lien entre la chimie et la physique, les deux sciences qui s'occupent de la constitution de la matière. Elle a été exposée dans cet ouvrage sous une forme élémentaire et constitue en quelque sorte le fil conducteur qui guide le lecteur à

1. Écrit en 1875; la théorie atomique a été adoptée depuis.

Digitized by Google

travers la variété de tous les phénomènes chimiques et l'apparente complication de quelques-uns. Elle n'est qu'une hypothèse, mais elle offre le caractère de simplicité et de généralité qui lui assurent la vraisemblance et par suite l'autorité, et qui en ont fait un instrument des plus efficaces pour la découverte des vérités scientifiques et pour l'amélioration des méthodes d'enseignement. Une expérience déjà longue nous a prouvé la solidité des méthodes et des programmes ainsi modifiés, et tous ceux qui voudront les appliquer avec connaissance de cause et sans parti pris, partageront bientôt, nous en avons la confiance, notre propre conviction.

(*Leçons élémentaires de Chimie moderne.* Introduction.)

Les laboratoires.

Dans les sciences physiques et naturelles, la démonstration des faits est la base de tout progrès solide, comme, d'un autre côté, la représentation des phénomènes par l'expérience est le complément nécessaire de l'enseignement par la parole. Pour répondre à cette double exigence, les Facultés des sciences et de médecine ont été dotées, lors de la création de l'Université, de laboratoires annexés aux chaires de chimie, de physique, de physiologie, d'histoire naturelle. C'est là que les Cuvier, les Gay-Lussac, les Thénard, les Magendie et tant d'autres, ont trouvé les ressources matérielles propres à mettre au jour leurs découvertes et à illustrer leurs leçons. C'est là que leurs dignes successeurs, continuant de si nobles traditions, ont exécuté les travaux qui ont maintenu le niveau de la science française pendant la première moitié de ce siècle.

La création et l'entretien d'un laboratoire comportent l'acquisition d'instruments et de produits très divers, qui forment soit l'objet même de l'investigation à laquelle se

Digitized by Google

livre le professeur, soit la matière de ses démonstrations. En outre, ce dernier ne peut se passer de l'assistance de quelques aides dans l'exécution de ses recherches, comme pour la préparation des expériences qu'il veut produire dans ses cours. Les ressources qu'il doit rencontrer dans un laboratoire bien ordonné, soit en personnel, soit en matériel, sont donc variées, et rendent nécessaire l'allocation annuelle d'un fonds spécial.

On peut dire qu'au commencement de ce siècle l'Université a pourvu libéralement à ces besoins. L'installation des laboratoires répondait aux exigences de la science : les locaux étaient généralement convenables, les dotations suffisantes. Il n'en est plus de même aujourd'hui. Les uns et les autres sont restés, à peu d'exceptions près, dans les mêmes conditions, alors que l'essor extraordinaire des sciences eût exigé un accroissement dans les ressources matérielles, sans lesquelles il est impossible de les cultiver et de les enseigner.

Le temps n'est plus où un Scheele pouvait accomplir tant et de si grandes découvertes avec quelques produits et quelques fioles qu'il tirait de son humble officine. Les vérités qu'il s'agissait de découvrir alors nous apparaissent aujourd'hui comme les premiers rudiments de notre savoir. Elles sont fondamentales mais simples, comme les moyens qui ont servi à les découvrir.

De nos jours, la science agrandie aborde d'autres problèmes et emploie d'autres méthodes. Elle ne se contente plus de fixer l'apparence extérieure des phénomènes, elle cherche à pénétrer la nature intime et la liaison cachée des choses. Dans cette chimie qui sait découvrir, classer, décomposer, reconstituer un nombre immense de composés divers, qui sait distinguer et dénombrer les atomes dont ils sont formés, qui détermine les relations mutuelles et le groupement de ces atomes, qui soumet aux mêmes lois de composition les corps d'origine minérale et ceux

Digitized by Google

que la nature vivante nous offre ; dans cette science transformée, c'est à peine si Lavoisier reconnaîtrait son œuvre. D'un autre côté, quelle variété, quelle délicatesse dans les méthodes que le physicien emploie aujourd'hui, quelle exactitude dans les mesures, quelle précision dans la construction et le jeu des appareils, quelle profondeur dans les vues nouvelles concernant la corrélation et la transformation des forces ! Et ces méthodes exactes de la chimie, de la physique modernes, n'ont-elles pas pénétré dans le domaine de la physiologie, qui a abordé et résolu, par leur aide, des problèmes qu'elle était impuissante à poser jadis !

Ce grand travail n'a pu s'accomplir qu'à l'aide d'instruments perfectionnés. Entrons dans un laboratoire de chimie : vous n'y verrez plus ces ustensiles grossiers, ces appareils aux formes bizarres, cet âtre noirci par la fumée, ces fourneaux vomissant des cendres et faisant rougir les traits de l'opérateur.

Dans une salle spacieuse, où la lumière et l'air sont largement distribués, vous trouverez de grandes tables qui s'étendent en face des fenêtres, de manière à recevoir le jour directement. Elles sont divisées en deux moitiés par un corps de tablettes superposées qui règne dans toute la longueur et qui reçoit une collection de flacons à réactifs à portée de toutes les mains, comme les livres sur les rayons d'une bibliothèque. Couvertes d'ustensiles et de vases aux formes légères, ces tables servent à exécuter les petites opérations courantes. Là c'est un filtre placé sur un entonnoir qui laisse passer goutte à goutte un liquide clarifié ; là c'est une capsule de porcelaine d'où s'échappent les vapeurs d'une solution qui doit être concentrée ; ici c'est un creuset de platine qui rougit au feu et qui est porté à cette vive incandescence par la flamme presque invisible du gaz d'éclairage mélangé d'air ; plus loin c'est un liquide qui bout à grosses bulles et dont les vapeurs sont dirigées dans un tube de verre sans cesse refroidi par

Digitized by Google

un courant d'eau fraîche : les vapeurs s'y condensent et coulent, condensées en liquide, dans un récipient qui reçoit le produit de cette distillation. Mais d'où viennent et le gaz qui est employé comme moyen de chauffage et l'eau froide dont on se sert tant de fois, soit pour dissoudre, soit pour refroidir, soit pour nettoyer? L'un et l'autre sont amenés par des tuyaux de plomb qui circulent le long des murs et sous le plancher, et qui dirigent l'eau et le gaz sur la table de travail elle-même. A chaque extrémité celle-ci est garnie en outre d'un bassin qui reçoit les eaux de lavage et qui les conduit dans les tuyaux servant à les évacuer.

Ainsi l'eau et le feu sont à la portée de tous. Le tour d'un robinet et l'approche d'une allumette feront instantanément jaillir une flamme, le tour d'un autre robinet fera couler un jet d'eau.

Une opération est-elle de nature à exiger l'emploi, ou à provoquer le dégagement de gaz ou de vapeurs nuisibles à la santé, on trouvera dans la salle même un emplacement et des dispositions propres à en assurer l'exécution et à prévenir toute incommodité. Ce sont des niches à évaporation creusées dans l'épaisseur des murs, surmontées d'un tuyau de tirage, fermées par des fenêtres. C'est un âtre couvert de dalles en pierres ou en ardoise, ou de carreaux en faïence, et surmonté d'une cheminée dont le manteau vient s'élargir à la partie inférieure et donne appui à des fenêtres à coulisse, ces dernières pouvant être abaissées à volonté, de manière à fermer entièrement l'espace compris entre la surface de l'âtre et la base de la cheminée. Cet espace devient alors comme une chambre distincte où le jour pénètre, où le tirage est actif. Un courant d'air qui y est appelé sans cesse entraîne dans la cheminée toutes les vapeurs nuisibles.

(*Les hautes études pratiques dans les Universités allemandes.* Lettre au Ministre de l'Instruction publique.)

Digitized by Google

HENRI SAINTE-CLAIRE-DEVILLE

L'aluminium.

Je ne doute pas aujourd'hui que l'aluminium ne devienne tôt ou tard un métal usuel. Depuis que j'en ai manié des quantités considérables, j'ai pu vérifier l'exactitude de toutes les assertions rapportées dans le premier mémoire que j'ai publié sur ce sujet. Bien plus, son inaltérabilité et son inocuité parfaites ont pu être expérimentées, et l'aluminium a subi ces épreuves mieux encore que je ne pouvais le prévoir. Ainsi, on peut fondre ce métal dans le nitre, chauffer les deux matières en contact jusqu'au rouge vif, température à laquelle le sel est en pleine décomposition, et, au milieu de ce dégagement d'oxygène, l'aluminium ne s'altère pas ; il peut être également fondu dans le soufre, dans le sulfure de potassium, sans s'attaquer sensiblement. Résistant parfaitement bien à l'action de l'acide nitrique, de l'acide sulfhydrique, et en cela supérieur même à l'argent, il se rapproche de l'étain, quand on le met au contact de l'acide chlorhydrique et des chlorures. Mais son inocuité absolue en permettra l'emploi dans une foule de cas où l'étain présente des inconvénients, à cause de la facilité avec laquelle ce métal est dissous dans les acides organiques. Du reste, on a peu étudié le degré de résistance qu'opposaient à nos agents les plus communs les métaux que nous employons le plus fréquemment...

J'ai pu étudier, sur des échantillons volumineux, les propriétés physiques de l'aluminium, et j'ai constaté qu'on pouvait le laminer comme l'argent ou l'étain, et le tirer aussi fin que l'argent et le cuivre. Enfin, une propriété curieuse qu'il manifeste avec d'autant plus d'intensité qu'il est plus pur, c'est une sonorité excessive, qui fait qu'un lingot

Digitized by Google

d'aluminium suspendu à un fil et frappé d'un coup sec, produit le son d'une cloche de cristal... Beaucoup d'usages spéciaux lui sont, en outre, réservés à coup sûr, à cause de son excessive légèreté; et depuis que l'aluminium est dans le commerce, plusieurs essais d'application ont été déjà tentés avec succès.

Pourtant ces qualités ne sont pas suffisantes pour faire préférer, dans la plupart des cas, l'aluminium aux métaux précieux à égalité de prix. La condition pour que ce métal devienne d'un emploi général est donc sa production à un prix notablement inférieur à celui de l'argent. Il est vrai qu'à cause de la différence de densité, l'aluminium et l'argent ayant la même valeur, le premier serait, en réalité, quatre fois moins cher que le second à volume égal; et à volume égal l'aluminium possède une rigidité plus grande que l'argent.

Le problème de la fabrication économique de l'aluminium me paraît de nature à être résolu, d'un jour à l'autre par l'industrie, parce que les matériaux avec lesquels on peut le produire, même avec les procédés actuels, sont tous à bas prix...

Ce qui porte à 5fr,15 le prix des matières rigoureusement nécessaires à la production de 1 kilogramme d'aluminium[1].

(*L'Aluminium.*)

Sans preuves.

Je n'admets ni la loi d'Avogadro, ni les atomes, ni les molécules, ni les forces, ni les états particuliers de la matière, refusant absolument de croire à ce que je ne puis ni voir ni même imaginer, et j'avoue que, si les combinaisons complexes se décomposaient toujours avant de se vaporiser,

1. Le prix de l'aluminium s'est beaucoup abaissé depuis.

Digitized by Google

HENRI SAINTE-CLAIRE-DEVILLE

Digitized by Google

Digitized by Google

je n'en serais pas autrement affecté. Mais le tout c'est de le démontrer.

(*Comptes rendus de l'Académie des sciences.* 1880.)

La dissociation et les changements d'état.

Toutes les expériences de physique sur les changements d'état de la matière ont un grand intérêt parce qu'elles se rapportent directement au rôle que la chaleur joue le plus fréquemment dans les phénomènes naturels. Ces changements d'état sont très variés : ils sont caractérisés par des différences de densité, de forme cristalline, de couleur ; par la forme solide, liquide ou gazeuse ; par ce fait que des corps hétérogènes sont ou mélangés ou combinés entre eux, etc. Si on les explique, comme on le fait aujourd'hui, en admettant le mouvement des molécules matérielles ou de l'éther, par la diminution ou l'augmentation des forces vives ou du travail dont ces molécules sont capables, si l'on tient compte des idées si nettement introduites par M. Macquorn Rankine dans la thermodynamique, on voit qu'il est fort utile de décomposer l'énergie potentielle correspondant aux changements d'état en autant de travaux partiels qu'il y a de phénomènes particuliers correspondant au phénomène total que cette énergie accuse ou détermine.

Je choisirai un exemple fort intéressant pour faire voir combien ces termes, dans lesquels on peut décomposer l'énergie potentielle, sont nombreux et variés.

Je suppose que vous preniez de l'iode et du mercure tous les deux à zéro degré, et que vous les combiniez en les mettant simplement en contact, il se dégagera de la chaleur que vous pourrez recueillir dans un calorimètre de glace, jusqu'à ce que l'iodure de mercure formé soit ramené à zéro degré.

Le poids de la glace fondue multiplié par 80 calories,

Digitized by Google

exprimera la chaleur sensible de combinaison de l'iode et du mercure à zéro degré. L'iode et le mercure auront emprunté à eux-mêmes la chaleur transmise à la glace, de la même manière que la vapeur qui se condense, et l'eau qui se congèle cèdent, en l'empruntant à eux-mêmes, la chaleur qu'ils communiquent aux corps voisins. C'est ainsi que ces différents changements d'état, caractérisés physiquement par une perte de chaleur latente (qui devient sensible), peuvent être rapprochés très intimement; le passage du mélange à la combinaison, le passage de l'état gazeux à l'état liquide, de l'état liquide à l'état solide, ayant, comme on le voit, des analogies très prochaines.

Lorsque l'iode et le mercure se combinent dans un calorimètre qui les refroidit constamment, malgré le développement de la chaleur de combinaison, il est difficile de constater les effets que produit cette chaleur sur l'iodure de mercure. Il est donc utile d'étudier le phénomène inverse la décomposition de l'iodure de mercure, pour constater comme l'a fait M. Rankine, les diverses manifestations dont se compose l'énergie potentielle qui en est la somme.

Je rappellerai, dans ce court article, les analogies que j'ai établies entre les phénomènes de la décomposition des corps complexes et les phénomènes de la vaporisation des liquides. Ils sont continus les uns comme les autres, et cette continuité dans la décomposition de certains corps constitue la dissociation, en tout comparable à la vaporisation.

Si l'on échauffe lentement de l'iodure de mercure, le premier effet qu'il subit est un changement de forme cristalline et de couleur. L'iodure rouge devient jaune, puis il fond, il entre en ébullition ; enfin la vapeur se décompose d'abord partiellement, ensuite complètement : l'iode et le mercure se séparent. Si l'on trouve alors le moyen d'isoler par un procédé mécanique les deux corps simples, ce qu'il est facile au moins d'imaginer, par exemple par diffusion,

Digitized by Google

on pourra les ramener isolément à la température de zéro degré.

La différence entre les quantités de chaleur empruntées par l'iodure à la source que l'on a employée et celles que l'iode et le mercure ont cédées à un calorimètre de glace, au moyen duquel on les refroidit, constitue la chaleur de décomposition à zéro de l'iodure de mercure. Le travail correspondant sera l'énergie potentielle dépensée par le fait de la combinaison.

On peut voir de suite combien cette énergie contient de termes différents :

1° L'iodure change de forme et de couleur : travail dont le signe et la valeur peuvent être déterminés ;

2° Il fond : travail correspondant à la chaleur latente ;

3° Il se vaporise : travail du même genre ;

4° Il se décompose, et chacune des parties qui se séparent absorbe de la chaleur pour se constituer à l'état d'un mélange de corps simples : chaleur de combinaison relative à la température où la décomposition s'effectue et travail correspondant ;

5° Travail de la pression correspondant à l'augmentation de volume que prend l'iodure en parcourant toutes ces phases diverses sous la pression de l'atmosphère ;

6° Travail intérieur de force vive proportionnelle à la température nécessaire à l'opération.

Quand l'iode et le mercure séparés sont ramenés à zéro degré dans le calorimètre imaginaire où je les suppose transportés, ils reviennent à leur température en produisant un travail de sens contraire au premier, et dont la décomposition en termes du même genre est très facile à effectuer.

Ces phénomènes et le fait de la dissociation peuvent être mis en évidence par une expérience très facile à effectuer.

On prend un ballon à densité de vapeur, très propre, et porté au rouge sombre pour y détruire toutes les pous-

Digitized by Google

sières adhérentes aux parois. Dans ce ballon refroidi, on introduit une petite quantité d'iodure de mercure rouge distillé et on chauffe très lentement à la flamme d'un bec de Bunsen de grande dimension, le ballon qu'on tourne constamment entre ses doigts en le tenant par le col allongé.

L'iodure rouge devient jaune, fond en un liquide brun, se volatilise en donnant une vapeur incolore, et, si l'on continue à chauffer, on aperçoit bientôt la couleur violette et caractéristique de l'iode, qui indique une décomposition seulement partielle aux grandes températures que le verre peut supporter. On démontre que cette décomposition n'est que partielle en faisant chauffer en même temps, dans un ballon semblable et sur une lampe de Bunsen de même dimension, une quantité équivalente d'iode, dont la couleur violette et fort intense donne une mesure approchée du phénomène de décomposition qui s'est produit dans le ballon voisin.

Quant à celui-ci, c'est-à-dire celui qui contient l'iodure de mercure dissocié, on le retire de la flamme et on le laisse refroidir. Peu à peu la teinte violette disparaît; l'iode et le mercure se recombinent, la vapeur devient incolore, puis se condense lentement en un liquide brun qui se solidifie en cristaux d'un beau jaune. En laissant tomber sur cette matière jaune un cristal d'iodure rouge, et en agitant, la transformation s'effectue brusquement, et l'iodure jaune prend rapidement la teinte rouge qui correspond à son état définitif à la température ordinaire.

C'est une charmante expérience, que je recommande aux professeurs qui veulent donner à leurs élèves une représentation frappante des changements d'état les plus variés qu'un corps puisse affecter sous l'influence de la chaleur et du phénomène de la dissociation.

(*Journal de physique*. Année 1872.)

Digitized by Google

PASTEUR

Une maladie des vers à soie.

Il y avait enfin une dernière forme du mal qu'il importe essentiellement de distinguer de celle que je viens de décrire. Non seulement les vers avaient eu la marche la plus régulière durant toutes leurs mues, y compris la quatrième, mais, en outre, la sortie de cette dernière, considérée à juste titre comme la plus critique, s'était faite dans les meilleures conditions, et les vers approchaient de la montée à la bruyère, en donnant à l'éleveur les espérances les mieux fondées. Tout à coup, particulièrement vers l'époque de la grande *fraize*, on pouvait s'apercevoir que les vers, au lieu de s'emparer de la feuille avec voracité dès qu'elle était jetée sur les tables, se promenaient languissamment sur elle avant de la saisir. Considérez des vers sains et robustes dans les derniers jours de leur vie à l'état de larves, lorsque leur appétit est le plus exalté, ils ne prennent pas la peine de changer de place pour rechercher soit une position plus commode, soit une feuille plus à leur goût : dans quelque situation qu'ils se trouvent, couchés sur le dos, gênés par leurs voisins ou par la litière, contournés sur la feuille ou recouverts par elle, vous les voyez s'en emparer sur le champ et la dévorer pour ainsi dire à l'instant même où elle est jetée sur les tables. La planche photographique de la page suivante ne donne qu'une image affaiblie de ce curieux spectacle. C'est alors que, dans la magnanerie, on entend le bruit des mandibules simuler le bruit de la pluie qu'un orage abat sur les arbres. C'est alors aussi que la joie est au cœur des magnanarelles. Le temps de la moisson est proche, la bruyère va se couvrir de soie aux couleurs d'or ou d'argent. Mais si vos vers

Digitized by Google

hésitent à s'emparer de la feuille, s'ils paraissent vouloir se mettre plus à l'aise ou chercher une feuille mieux à leur convenance, soyez dans la plus grande inquiétude. C'est le signe d'un affaiblissement et la preuve qu'ils n'ont pas digéré les repas précédents. Vos tables ne tarderont pas à se couvrir de cadavres, et votre douleur sera d'autant plus poignante que les vers auront conservé jusqu'à la fin un si bel aspect qu'il faudra les toucher pour être assuré qu'ils sont réellement immobiles et sans vie. On dirait la mort par apoplexie dans l'espèce humaine.

(*Étude sur la maladie des vers à soie...* Introduction.)

La bière et le vin.

Jetons d'abord un rapide coup d'œil sur la nature de la bière et sur ses modes de fabrication.

Connue dès la plus haute antiquité, la bière est une infusion de farine d'orge germée et de houblon, qu'on fait fermenter après l'avoir refroidie, et que le repos et les soutirages ont amenés ultérieurement à une limpidité presque parfaite. C'est une boisson alcoolique d'origine végétale, du *vin d'orge*, comme on l'a appelée quelquefois non sans raison. Pourtant le vin et la bière diffèrent assez notablement dans leur composition : moins acide et moins alcoolique que le vin, la bière est plus chargée de matières en dissolution, et ces matières, pour la plupart, ne sont pas d'une nature identique à celles qu'on trouve dans le vin.

Ces différences dans la composition du vin et de la bière amènent de grandes inégalités dans la conservation de ces deux liquides. Le peu d'acidité de la bière, sa faiblesse alcoolique, la présence d'une matière sucrée ou pouvant le devenir contribue à lui donner une altérabilité que le vin ne possède pas, en général, au même degré.

Ce qui prouve que c'est bien aux différences que je

Digitized by Google

signale dans la composition de ces boissons qu'on doit attribuer leur inégale résistance à contracter des maladies, c'est qu'on pourrait rendre le vin beaucoup plus altérable qu'il ne l'est, si l'on diminuait tout à la fois son acidité et la proportion habituelle d'alcool qu'il contient, ou si l'on augmentait la proportion de ces principes gommeux ou sucrés, toutes circonstances qui auraient pour effet de rapprocher sa nature de celle de la bière.

J'ai fait remarquer ailleurs que les soins qu'on apporte dans l'élevage du vin, que les pratiques ordinaires de la vinification, ouillage, méchage, soutirages répétés, que l'usage des caves et des vaisseaux hermétiquement clos ont pour principale origine et pour raison d'être la nécessité de combattre ou de prévenir les maladies auxquelles le vin est sujet. On peut en dire autant, et avec plus de vérité encore, de la bière, parce que celle-ci est plus altérable que le vin. La fabrication et le commerce de cette boisson se trouvent constamment aux prises avec les difficultés de sa conservation et de celle du moût qui sert à la produire.

(*Étude sur la bière....* Chap. I.)

La génération spontanée.

Assurément, s'il existe des faits que les partisans de la doctrine de la génération spontanée doivent tenir pour vrais, ce sont ceux-là pour lesquels ils se sont crus autorisés à relever le drapeau de leur doctrine, tant soit peu oubliée et vaincue depuis la fin du dernier siècle. Ce fut en 1858 que M. Pouchet, directeur du Muséum d'histoire naturelle de Rouen, membre correspondant de l'Académie des sciences, vint déclarer à cette Académie qu'il avait réussi à instituer des expériences qui démontraient péremptoirement l'existence d'êtres microscopiques venus au monde

Digitized by Google

sans germes, par conséquent sans parents semblables à eux.

Voici les expressions et les expériences de ce savant naturaliste : « L'air atmosphérique n'est pas et ne peut pas être le véhicule des germes des premiers organismes. J'ai pensé que ce ne serait laisser aucune prise à la critique si je parvenais à déterminer l'évolution de quelque être organisé en remplaçant l'air atmosphérique par de l'air artificiel. »

Voyez bien ce que l'auteur veut établir. L'air, dit-il, ne peut pas être, n'est pas le véhicule des germes des premiers organismes. C'est qu'en effet les naturalistes qui ne croient pas à la génération spontanée prétendent que les germes des êtres microscopiques existent dans l'air; que l'air les charrie, les transporte à distance, après les avoir soulevés dans les lieux où pullulent ces petits êtres. Voilà l'hypothèse des adversaires de la génération spontanée, et M. Pouchet, qui veut la combattre, ajoute avec pleine raison : « Je ne laisserai aucune prise à la critique si je parviens à déterminer la génération de quelques êtres organisés en substituant un air artificiel à celui de l'atmosphère. » C'est vrai et logique; voyons comment M. Pouchet va s'y prendre. L'expérience est ainsi racontée dans son mémoire : « Un flacon d'un litre de capacité fut rempli d'eau bouillante, et, ayant été soudé hermétiquement avec la plus grande précaution, immédiatement on le renversa sur une cuve à mercure; lorsque l'eau fut totalement refroidie, on le déboucha sous le métal et l'on y introduisit un demi-litre de gaz oxygène pur », de ce gaz, qui est la partie vitale et salubre de l'air, aussi nécessaire à la vie des êtres microscopiques qu'il l'est à la vie des grands animaux et des grands végétaux. Jusqu'ici il n'y a encore que de l'eau pure et du gaz oxygène dans le vase ; achevons l'infusion.

« Aussitôt après, dit M. Pouchet, on y mit, sous le mercure, une petite botte de foin pesant 10 grammes, ren-

Digitized by Google

fermée dans un flacon bouché à l'émeri et sortant d'une étuve chauffée à 100 degrés, où elle était restée trente minutes. » Voilà, messieurs, l'expérience qui a remis en question la doctrine des générations spontanées.

Voici son résultat : au bout de huit jours il y avait dans l'infusion une moisissure développée, quelle est la conclusion de M. Pouchet? C'est que l'air atmosphérique n'est pas le véhicule des germes, des êtres microscopiques.

En effet, que voulez-vous objecter à M. Pouchet? Lui direz-vous : l'oxygène que vous avez employé renfermait peut-être des germes. — Mais non, répondra-t-il, car je l'ai fait sortir d'une combustion chimique. — C'est vrai : il ne pouvait renfermer des germes. Lui direz-vous : l'eau que vous avez employée renfermait des germes. — Mais il vous répondra : cette eau, qui avait été exposée au contact de l'air, aurait pu en recevoir, mais j'ai eu soin de la placer bouillante dans le vase, et à cette température, si des germes avaient existé, ils auraient perdu leur fécondité. Lui direz-vous : c'est le foin. — Mais non : le foin sortait d'une étuve chauffée à 100 degrés. On lui fit cependant cette dernière objection, car il y a de singuliers êtres qui, chauffés à 100 degrés, ne périssent pas; mais il répondit : qu'à cela ne tienne ! Et il chauffa le foin à 200, 300 degrés... Il dit même, je crois, qu'il a été jusqu'à la carbonisation. Eh bien, je l'admets, l'expérience ainsi conduite est irréprochable, mais seulement sur tous les points qui ont appelé l'attention de l'auteur.

Je vais démontrer qu'il y a une cause d'erreur que M. Pouchet n'a pas aperçue, dont il ne s'est pas le moins du monde douté, dont personne ne s'était douté avant lui, et cette cause d'erreur rend son expérience complètement illusoire, aussi mauvaise que celle du pot de linge sale de van Helmont ; je vais vous montrer par où les souris sont entrées. Je vais démontrer que, dans toute expérience du genre de celle qui nous occupe, il faut absolument pros-

Digitized by Google

crire l'emploi de la cuve à mercure. Je vais vous démontrer, cela paraît bien extraordinaire au premier abord, que c'est le mercure qui, dans toutes les expériences de cette nature, apporte dans les vases les germes, ou mieux, pour que mon expression n'aille pas présentement au-delà du fait démontré, les poussières qui sont en suspension dans l'air.

Il n'est personne parmi vous, messieurs, qui ne sache qu'il y a toujours des poussières en suspension dans l'air. La poussière est un ennemi domestique que tout le monde connaît. Qui d'entre vous n'a vu un rayon de soleil pénétrant par la jointure d'un volet ou d'une persienne dans une chambre mal éclairée? Qui d'entre vous ne s'est amusé à suivre de l'œil les mouvements capricieux de ces mille petits corps, d'un si petit volume, d'un si petit poids, que l'air peut les porter comme il porte la fumée. L'air de cette salle est tout rempli de ces petits brins de poussière, de ces mille petits riens, qu'il ne faut pas dédaigner toutefois, car ils portent quelquefois avec eux la maladie ou la mort : le typhus, le choléra, la fièvre jaune et tant d'autres fléaux. L'air de cette salle en est rempli. Pourquoi ne les voyons-nous pas? Ils sont éclairés cependant. Nous ne les voyons pas parce qu'ils sont si petits, d'un si faible volume, que les quelques rayons de lumière que chacun d'eux envoie à notre œil sont perdus, confondus dans le très grand nombre de rayons que nous envoient même les plus petits objets de cette salle, qui sont toujours d'une grosseur considérable par rapport à chacun de ces petits corps. Nous ne les voyons pas par la même raison que le jour nous ne voyons pas les étoiles à la voûte du ciel. Mais faisons la nuit autour de nous, rendons tout obscur, et éclairons seulement ces petits corps, alors nous les verrons comme le soir on voit les étoiles.

Nous allons produire l'obscurité dans la salle et lancer un faisceau de lumière.

Vous pouvez voir, messieurs, s'agiter bien des poussières

Digitized by Google

dans ce faisceau lumineux. Du reste, ce faisceau de lumière, vous ne le voyez lui-même que parce qu'il y a des brins de poussière dans la salle. Si vous les supprimiez, vous ne verriez rien, car ce n'est pas la lumière elle-même qui est visible. Ainsi, messieurs, il y a de la poussière partout dans cette salle. Si j'avais eu quelques instants de plus, je vous aurais dit : regardez bien dans ce faisceau de lumière, approchez-vous, et vous verrez que ces petits brins de poussière, quoique agités de mouvements divers, tombent toujours plus ou moins vite ; vous en distinguez quelques-uns, et l'instant d'après ils sont un peu plus bas, bien qu'ils flottent dans l'air. Tout en flottant, ils tombent. C'est ainsi que se couvrent de poussière tous les objets, nos meubles, nos vêtements. Il tombe donc en ce moment de la poussière sur tous ces objets, sur ces livres, sur ces papiers, sur cette table, sur le mercure de cette cuve.

Il en tombait tout à l'heure, il y a une heure, deux heures, ce matin, hier. Depuis que ce mercure est sorti de sa mine, il reçoit des poussières, indépendamment de celles qui s'incorporent dans l'intérieur du métal par l'effet des manipulations nombreuses auxquelles on le soumet dans nos laboratoires. Eh bien, je vais vous démontrer qu'il n'est pas possible de toucher à ce mercure, d'effectuer une manipulation quelconque sur ce mercure, d'y placer la main, un flacon sans introduire dans l'intérieur de la cuve les poussières qui sont à la surface.

Afin de rendre visible l'épreuve à laquelle je vais soumettre la surface de cette cuve à mercure, je vais produire l'obscurité, et éclairer seulement la cuve, puis saupoudrer de la poussière en assez grande quantité. Cela fait, j'enfonce un objet quelconque dans le mercure de la cuve, un bâton de verre par exemple ; aussitôt vous voyez les poussières cheminer et se diriger toutes du côté de l'endroit où j'enfonce le bâton de verre, et pénétrer dans l'espace entre le verre et le mercure, parce que le mercure ne mouille pas le verre.

Digitized by Google

Voici, messieurs, une cuve beaucoup plus profonde, où l'expérience se fera d'une manière plus saisissante. Elle se compose d'un tube de fer d'un mètre de profondeur, surmonté d'une cuvette. Toute la surface du mercure contenu dans ce vase est couverte de poussières. J'y enfonce le bâton de verre, et peu à peu la surface du mercure se découvre complètement et prend un aspect métallique, de terne qu'elle était auparavant. Toutes les poussières sont dans l'intérieur, à la partie inférieure de la cuve, et la surface se couvrira de nouveau de poussières quand je retirerai le bâton de verre. Quelle est la conséquence, messieurs, de cette épreuve si simple, mais si grave, pour le point qui nous occupe ? C'est qu'il n'est pas possible de manipuler sur la cuve à mercure sans faire pénétrer dans l'intérieur du vase les poussières qui sont à sa surface. C'est vrai, M. Pouchet a éloigné les poussières en se servant de gaz oxygène, d'air artificiel ; il a éloigné les germes qui pouvaient être dans l'eau, dans le foin ; mais ce qu'il n'a pas éloigné, ce sont les poussières, et par suite les germes qui sont à la surface du mercure.

Mais je vais cependant au delà de l'expérience. Je viens de démontrer qu'il est impossible de manipuler sur la cuve à mercure sans introduire dans le vase les poussières qui sont à la surface. Mais quand je dis les poussières et que j'ajoute par conséquent les germes, je vais plus loin que l'expérience.

Que reste-t-il donc à faire ? Il faut que j'arrive à établir que les poussières qui flottent dans l'air renferment des germes d'organismes inférieurs. Eh bien, messieurs, il n'y a rien de plus simple, quel que soit le lieu du globe où l'on opère, que de réunir les poussières qui sont dans l'air, de les examiner au microscope, d'étudier leur composition et de voir ce qu'elles renferment.

Voici un tube de verre qui est ouvert à ses deux extrémités.

Digitized by Google

Vous avez vu tout à l'heure qu'il y avait de la poussière dans cette salle, qu'il y en a partout. Je suppose que je place l'extrémité du tube de verre à ma bouche et que j'aspire. En aspirant, je fais entrer dans ma bouche, dans l'intérieur de mes poumons, les poussières qui sont en suspension dans l'air. Si je veux prolonger cette aspiration, je n'aurai qu'à mettre en communication l'extrémité du tube avec un vase rempli d'eau.

On entend aussitôt le bruit de l'aspiration. Par conséquent, il est évident que la poussière passe dans l'intérieur du tube.

Or si je place dans ce tube une petite bourre de coton, il est bien clair que si la bourre de coton n'est pas trop tassée de manière à intercepter le passage de l'air, la poussière va rester en grande partie, en presque totalité sur le coton. Je suppose que l'expérience soit faite : voici une de ces bourres ainsi chargées. Les personnes qui sont à petite distance peuvent voir qu'elle en est presque noire. Quoi de plus simple que de mettre un peu d'eau dans ce verre de montre, où je dépose cette bourre de coton, de la malaxer entre les doigts et de faire tomber sur une lame de verre une goutte de cette eau qui tient en suspension la poussière, de laisser l'eau s'évaporer, de rajouter une seconde, puis une troisième goutte et ainsi de suite. On accumulera ainsi sur cette lame de verre une grande quantité de poussière qui était sur la bourre de coton, alors on observera au microscope.

Or, en agissant ainsi ou par un moyen un peu plus compliqué, dans le détail duquel je n'entre pas, voici ce que l'on observe. -- M. Duboscq va projeter sur le tableau l'image des poussières recueillies dans l'atmosphère.

Vous y voyez beaucoup de choses amorphes, de la suie, du carbonate de chaux, peut-être des petits fragments de laine, de soie, de coton, enlevés à vos vêtements. Mais au milieu de ces choses amorphes, vous apercevez des cor-

Digitized by Google

puscules tels que ceux-ci, qui sont évidemment des corpuscules organisés. Vous voyez donc qu'il y a toujours associés aux poussières amorphes qui flottent dans l'air des corps organisés. Si vous preniez la dimension de ces corpuscules, que vous placiez à côté une de ces graines de moisissure dont je vous ai montré le mode de germination, il serait impossible au plus habile naturaliste d'établir la moindre différence entre ces objets. Ce sont là, messieurs, les germes des êtres microscopiques.

Je pourrais maintenant, par un artifice particulier, en brisant d'une certaine façon l'extrémité de ces vases dans lesquels il y a des infusions organiques très altérables au contact de l'air atmosphérique ordinaire, mais qui ne s'altèrent pas ici parce que l'air renfermé dans ces vases a été porté à une température très élevée et a été ainsi rendu impropre à provoquer l'apparition des êtres microscopiques, vous montrer qu'on peut semer dans l'intérieur de ces vases les corpuscules qui sont en suspension dans l'air, et reconnaître au bout de deux ou trois jours que les vases ainsi ensemencés donnent lieu à des êtres microscopiques. Je pourrais, d'autre part, recueillir les corpuscules de l'air sur l'amiante, et ensemencer celle-ci après l'avoir fait brûler dans la flamme pour détruire les corpuscules. Dans ce cas, l'infusion reste parfaitement intacte, comme si l'on n'avait rien semé. Donc, ces corpuscules sont bien évidemment des germes, et vous en aurez encore tout à l'heure d'autres preuves non moins convaincantes.

Mais, messieurs, j'ai hâte d'arriver à des expériences, à des démonstrations si saisissantes, que vous ne voudrez retenir que celles-là. Nous avons prouvé tout à l'heure que M. Pouchet s'était trompé, parce qu'il avait employé dans ses premières expériences une cuve à mercure. Supprimons l'emploi de la cuve à mercure, puisque nous avons reconnu qu'elle donnait lieu à des erreurs inévitables. Voici, messieurs, une infusion de matière organique d'une limpidité

Digitized by Google

parfaite, limpide comme de l'eau distillée, et qui est extrêmement altérable. Elle a été préparée aujourd'hui. Demain déjà elle contiendra des animalcules, de petits infusoires ou des flocons de moisissures.

Je place une portion de cette infusion de matière organique dans un vase à long col, tel que celui-ci. Je suppose que je fasse bouillir le liquide et qu'ensuite je laisse refroidir. Au bout de quelques jours, il y aura des moisissures ou des animalcules infusoires développés dans le liquide. En faisant bouillir, j'ai détruit des germes qui pouvaient exister dans le liquide et à la surface des parois du vase : mais comme cette infusion se trouve remise au contact de l'air, elle s'altère comme toutes les infusions.

Maintenant je suppose que je répète cette expérience, mais qu'avant de faire bouillir le liquide, j'étire à la lampe d'émailleur le col du ballon, de manière à l'effiler, en laissant toutefois son extrémité ouverte. Cela fait, je porte le liquide du ballon à l'ébullition, puis je laisse refroidir. Or, le liquide de ce deuxième ballon restera complétement inaltéré, non pas deux jours, non pas trois, quatre, non pas un mois, une année, mais trois ou quatre années, car l'expérience dont je vous parle a déjà cette durée. Le liquide reste parfaitement limpide, limpide comme de l'eau distillée. Quelle différence y a-t-il donc entre ces deux vases ? Ils renferment le même liquide, ils renferment tous deux de l'air, tous les deux sont ouverts. Pourquoi donc celui-ci s'altère-t-il, tandis que celui-là ne s'altère pas ? La seule différence, messieurs, qui existe entre ces deux vases, la voici : Dans celui-ci, les poussières qui sont en suspension dans l'air et leurs germes peuvent tomber par le goulot du vase et arriver au contact du liquide où ils trouvent un aliment approprié, et se développent. De là, les êtres microscopiques. Ici, au contraire, il n'est pas possible, ou du moins il est très difficile, à moins que l'air ne soit vivement agité, que les poussières en suspension dans l'air puissent

Digitized by Google

entrer dans ce vase. Où vont-elles ? Elles tombent sur le col recourbé. Quand l'air rentre dans le vase par les lois de la diffusion et les variations de température, celles-ci n'étant jamais brusques, l'air rentre lentement et assez lentement pour que ses poussières et toutes les particules solides qu'il charrie tombent à l'ouverture du col ou s'arrêtent dans les premières parties de la courbure. Cette expérience, messieurs, est pleine d'enseignements. Car, remarquez bien que tout ce qu'il y a dans l'air, tout, hormis ses poussières, peut entrer très facilement dans l'intérieur du vase et arriver au contact du liquide. Imaginez ce que vous voudrez dans l'air, électricité, magnétisme, ozone, et même ce que nous n'y connaissons pas encore, tout peut entrer et venir au contact de l'infusion. Il n'y a qu'une chose qui ne puisse pas rentrer facilement, ce sont les poussières en suspension dans l'air, et la preuve que c'est bien cela, c'est que si j'agite vivement le vase deux ou trois fois, dans deux ou trois jours il renferme des animalcules et des moisissures. Pourquoi ? Parce que la rentrée de l'air a eu lieu brusquement et a entraîné avec lui des poussières.

Et par conséquent, messieurs, moi aussi, pourrais-je dire, en vous montrant ce liquide : J'ai pris dans l'immensité de la création ma goutte d'eau et je l'ai prise toute pleine de la gelée féconde, c'est-à-dire, pour parler le langage de la science, toute pleine des éléments appropriés au développement des êtres inférieurs. Et j'attends, et j'observe, et je l'interroge, et je lui demande de vouloir bien recommencer pour moi la primitive création ; ce serait un si beau spectacle ! Mais elle est muette ! Elle est muette depuis plusieurs années que ces expériences sont commencées. Ah ! c'est que j'ai éloigné d'elle et que j'éloigne en ce moment encore, la seule chose qu'il n'ait pas été donné à l'homme de produire, j'ai éloigné d'elle les germes qui flottent dans l'air, j'ai éloigné d'elle la vie, car la vie c'est le germe et le germe c'est la vie. Jamais la doctrine de la

Digitized by Google

génération spontanée ne se relèvera du coup mortel que cette simple expérience lui porte.

(*Revue scientifique.*)

Les sciences appliquées.

Je me propose de démontrer dans cet écrit que si au moment du péril suprême [1], la France n'a pas trouvé des hommes supérieurs pour mettre en œuvre ses ressources et le courage de ses enfants, il faut l'attribuer, j'en ai la conviction, à ce que la France s'est désintéressée, depuis un demi-siècle, des travaux de la pensée, particulièrement dans les sciences exactes.

. . . . . .

Il n'existe pas une catégorie de sciences auxquelles on puisse donner le nom de sciences appliquées. *Il y a la science et les applications de la science,* liées entre elles comme le fruit à l'arbre qui l'a porté.

Je ne sais quelle a pu être la part du hasard dans la naissance des arts industriels à l'origine des sociétés, lorsque l'homme s'est montré nu et sans défense à la surface de la terre, alors qu'il ignorait l'extraction et l'usage des métaux, la fabrication du verre et des poteries, etc. Mais ce qui est certain, c'est que, de nos jours, le hasard ne favorise l'invention que pour des esprits préparés aux découvertes par de patientes études et de persévérants efforts.

Les grandes innovations pratiques, les grands perfectionnements de l'industrie et des arts, les changements même dans les rapports des États sont tous sortis des méditations profondes de mathématiciens illustres, des laboratoires de savants physiciens, de chimistes consommés, d'observations de naturalistes de génie. « Elles ne sont, dit Cuvier,

1. La guerre de 1870.

Digitized by Google

ces grandes innovations pratiques, que des applications faciles de vérités d'un ordre supérieur, de vérités qui n'ont point été cherchées à cette intention, que leurs auteurs n'ont poursuivies que pour elles-mêmes et uniquement entraînés par leur ardeur de savoir. Ceux qui les mettent en pratique n'en auraient point découvert les germes; ceux au contraire qui ont trouvé ces germes n'auraient pu se livrer aux soins nécessaires pour en tirer parti. Absorbés dans la haute région où leur contemplation les transporte, à peine s'aperçoivent-ils de ce mouvement, de ces créations nées de quelques-unes de leurs paroles. Ces ateliers qui s'élèvent, ces colonies qui se peuplent, ces vaisseaux qui fendent les mers, cette abondance, ce luxe, ce bruit, tout cela vient d'eux et tout cela leur reste étranger. Le jour qu'une doctrine est devenue pratique, ils l'abandonnent au vulgaire; elle ne les regarde plus. »

Les pouvoirs publics, en France, ont méconnu depuis longtemps cette corrélation entre la science théorique et la vie des nations. Victime sans doute de son instabilité politique, la France n'a rien fait pour entretenir; propager, développer le progrès des sciences dans notre pays : elle s'est contentée d'obéir à une impulsion reçue ; elle a vécu sur son passé, se croyant toujours grande par les découvertes de la science, parce qu'elle leur devait sa prospérité matérielle, mais ne s'apercevant pas qu'elle en laissait imprudemment tarir les sources, alors que des nations voisines, excitées par son propre aiguillon, en détournaient le cours à leur profit, et les rendaient fécondes par le travail, par des efforts et des sacrifices sagement combinés.

Tandis que l'Allemagne multipliait ses Universités, qu'elle établissait entre elles la plus salutaire émulation, qu'elle entourait ses maîtres et ses docteurs d'honneurs et de considération, qu'elle créait de vastes laboratoires dotés des meilleurs instruments de travail, la France, énervée par les révolutions, toujours occupée de la recherche

Digitized by Google

stérile de la meilleure forme de gouvernement, ne donnait qu'une attention distraite à ses établissements d'instruction supérieure.

Au point où nous sommes arrivés de ce qu'on appelle la *civilisation moderne*, la culture des sciences dans leur expression la plus élevée est peut-être plus nécessaire encore à l'état moral d'une nation qu'à sa prospérité matérielle.

Les grandes découvertes, les méditations de la pensée dans les arts, dans les sciences et dans les lettres, en un mot, les travaux désintéressés de l'esprit dans tous les genres, les centres d'enseignement propre à les faire connaître, introduisent dans le corps social tout entier l'esprit philosophique ou scientifique, cet esprit de discernement qui soumet tout à une raison sévère, condamne l'ignorance, dissipe les préjugés et les erreurs. Ils élèvent le niveau intellectuel, le sentiment moral ; par eux, l'idée divine elle-même se répand et s'exalte.

(*Quelques réflexions sur la science en France.*)

La rage.

Après des expériences, pour ainsi dire sans nombre, je suis arrivé à une méthode prophylactique, pratique et prompte, dont les succès sur le chien sont déjà assez nombreux et sûrs pour que j'aie confiance dans la généralité de son application à tous les animaux et à l'homme lui-même.

Cette méthode repose essentiellement sur les faits suivants :

L'inoculation du lapin, par la trépanation sous la dure-mère, d'une moelle rabique de chiens à rage des rues, donne toujours la rage à ces animaux après une durée moyenne d'incubation de quinze jours environ.

Passe-t-on du virus de ce premier lapin à un second, de celui-ci à un troisième et ainsi de suite par le mode d'ino-

Digitized by Google

culation précédent, il se manifeste bientôt une tendance de plus en plus accusée dans la diminution de la durée d'incubation de la rage chez les lapins successivement inoculés.

Après vingt à vingt-cinq passages de lapin à lapin, on rencontre des durées d'incubation de huit jours, qui se maintiennent pendant une période nouvelle de vingt à vingt-cinq passages. Puis on obtient une durée d'incubation de sept jours, que l'on retrouve avec une régularité frappante pendant une série nouvelle de passages allant au quatre-vingt-dixième. C'est du moins à ce chiffre que je suis en ce moment ; et c'est à peine s'il se manifeste actuellement une tendance à une durée d'incubation d'un peu moins de sept jours.

Ce genre d'expériences, commencé en novembre 1882, a déjà trois années de durée, sans que la série ait jamais été interrompue, sans que jamais, non plus, on ait dû recourir à un virus autre que celui des lapins successivement morts rabiques. Rien de plus facile, en conséquence, d'avoir constamment à sa disposition, pendant des intervalles de temps considérables, un virus rabique d'une pureté parfaite, toujours identique à lui-même ou à très peu près. C'est le nœud pratique de la méthode.

Les moelles de ces lapins sont rabiques dans toute leur étendue avec constance dans la virulence.

Si l'on détache de ces moelles des longueurs de quelques centimètres avec des précautions de pureté aussi grandes qu'il est possible de les réaliser, et qu'on les suspende dans un air sec, la virulence disparaît lentement dans ces moelles jusqu'à s'éteindre tout à fait. La durée d'extinction de la virulence varie quelque peu avec l'épaisseur des bouts de la moelle, mais surtout avec la température extérieure. Plus la température est basse et plus durable est la conservation de la virulence. Ces résultats constituent le point scientifique de la méthode.

Digitized by Google

Ces faits étant établis, voici le moyen de rendre un chien réfractaire à la rage, en un temps relativement court.

Dans une série de flacons, dont l'air est entretenu, à l'état sec, par des fragments de potasse déposés sur le fond du vase, on suspend, chaque jour, un bout de moelle rabique fraîche de lapin mort de rage, rage développée après sept jours d'incubation. Chaque jour également, on inocule sous la peau du chien une pleine seringue Pravaz de bouillon stérilisé, dans lequel on a délayé un petit fragment d'une de ces moelles en dessiccation, en commençant par une moelle d'un numéro d'ordre assez éloigné du jour où l'on opère, pour être bien sûr que cette moelle n'est pas du tout virulente. Des expériences préalables ont éclairé à cet égard. Les jours suivants, on opère de même avec des moelles plus récentes, séparées par un intervalle de deux jours, jusqu'à ce qu'on arrive à une moelle très virulente, placée depuis un jour ou deux en flacon.

Le chien est alors rendu réfractaire à la rage. On peut lui inoculer du virus rabique sous la peau ou même à la surface du cerveau par trépanation, sans que la rage se déclare.

Par l'application de cette méthode, j'étais arrivé à avoir cinquante chiens de tout âge et de toute race, réfractaires à la rage, sans avoir rencontré un seul insuccès... [1].

(*Comptes rendus de l'Académie des sciences.*)

1. Suit le récit du traitement du jeune Joseph Meister, qui, porteur de quatorze morsures dues à un chien enragé, fut sauvé par Pasteur.

Digitized by Google

Digitized by Google

LES NATURALISTES

Digitized by Google

Digitized by Google

TOURNEFORT

La grotte d'Antiparos.

On avance ensuite au fond de la caverne par une pente plus rude, d'environ 20 pas de longueur : c'est le passage pour aller à la grotte et ce passage n'est qu'un trou fort obscur, par lequel on ne saurait passer qu'en se baissant et au secours des flambeaux. On descend d'abord dans un précipice horrible à l'aide d'un câble que l'on prend la précaution d'attacher tout à l'entrée. Du fond de ce précipice on se coule, pour ainsi dire, dans un autre bien plus effroyable, dont les bords sont fort glissants, et qui répondent sur la gauche à des abîmes profonds : on place sur les bords de ces gouffres une échelle, au moyen de laquelle on franchit en tremblant un rocher tout à fait taillé à plomb. On continue à glisser par des endroits un peu moins dangereux ; mais dans le temps qu'on se croit en pays praticable, le pas le plus affreux vous arrête tout court et l'on s'y casserait la tête si on n'était pas averti et retenu par les guides. On y trouve encore le reste d'une échelle que M. de Nointel y avait fait placer : comme elle s'est pourrie depuis ce temps-là, nos guides avaient pris soin d'y en apporter une toute neuve. Pour y parvenir, il fallut se coucher sur le dos le long d'un grand rocher, et sans le secours d'un autre câble qu'on y avait accroché, nous serions tombés dans des fondrières horribles.

Quand on est arrivé au bas de l'échelle, on se roule encore quelque temps sur des rochers, tantôt sur le dos, tantôt couché sur le ventre, suivant qu'on s'en accommode le mieux, car chacun cherche la marche la plus favorable pour suivre la compagnie. Après tant de fatigues, on entre enfin dans cette admirable grotte que M. de Nointel ne pouvait se

Digitized by Google

lasser d'admirer avec raison. Les gens qui nous conduisaient comptaient 150 brasses de profondeur depuis la caverne jusqu'à l'autel; autant depuis l'autel jusqu'à l'endroit le plus profond où l'on puisse descendre. Le bas de cette grotte sur la gauche est fort scabreux : à droite il est assez uni, et c'est par là que l'on passe pour aller à l'autel. De ce lieu la grotte paraît haute d'environ 40 brasses sur 30 de large : la voûte en est assez bien taillée, relevée en plusieurs endroits de grosses masses arrondies, les unes hérissées de pointes semblables à la foudre de Jupiter, les autres bossuées régulièrement, d'où pendent des grapes, des festons et des lances d'une longueur surprenante. A droite et à gauche, ce sont des rideaux et des napes, qui s'étendent en tous sens et forment sur les côtés des espèces de tours canelées, vides la plupart comme autant de cabinets pratiqués autour de la grotte. On distingue parmi ces cabinets un gros pavillon formé par des productions qui représentent si bien les pieds, les branches et les têtes de choux-fleurs, qu'il semble que la nature nous ait voulu montrer par là comment elle s'y prend pour les végétations de pierres. Toutes ces figures sont de marbre blanc, transparent, cristallisé, qui se casse presque toujours de biais et par différents lits, comme la pierre judaïque. La plupart même de ces pièces sont couvertes d'une écorce blanche et résonnent comme de la bronze quand on frappe dessus.

Sur la gauche, un peu au-delà de l'entrée de la grotte, s'élèvent trois ou quatre pilliers ou colonnes de marbre, plantées comme des troncs d'arbres sur la crête d'une petite roche. Le plus haut de ces troncs a six pieds huit pouces, sur un pied de diamètre, presque cylindrique et d'égale grosseur, si ce n'est en quelques endroits où il est comme ondoyant, arrondi par la pointe et placé au milieu des autres... Il semble que ces troncs de marbre végètent, car outre qu'il ne tombe pas une goutte d'eau dans ce lieu, il n'est pas concevable que des gouttes, tombant de 25 ou

Digitized by Google

TOURNEFORT

Digitized by Google

Digitized by Google

30 brasses de haut, aient pu former des pilliers cylindriques terminés en calotte, dont la régularité n'ait pas été interrompue : une goutte d'eau se dissiperait plutôt par sa chute : il n'en distille certainement point dans cette grotte, comme dans les caves gouttières ordinaires. A peine remarquâmes-nous quelques napes dentelées, dont les pointes laissent couler une goutte d'eau fort claire et fort insipide, formée sans doute par l'humidité de l'air qui s'y condense en eau comme dans les appartements revêtus de marbre.

Au fond de la grotte, sur la gauche, se présente une pyramide bien plus surprenante, qu'on appelle l'autel depuis que M. de Nointel y fit célébrer la messe en 1673. Cette pièce est toute isolée, haute de 24 pieds, semblable en quelque manière à une thiare, relevée de plusieurs chapiteaux canelés dans leur longueur et soutenus sur leurs pieds, d'une blancheur éblouissante, de même que tout le reste de la grotte. Cette pyramide est peut-être la plus belle plante de marbre qui soit au monde...

(*Relation d'un voyage au Levant.*)

La connaissance des plantes.

Le dessein qu'on s'est proposé dans ce livre est de faciliter la connoissance des plantes, en établissant des principes pour réduire chaque espèce dans son véritable genre. On a pour ce sujet tâché de décrire et de faire graver les parties qui sont précisément le caractère de chaque genre ; et l'on a affecté, pour ainsi dire, de n'y faire mention d'aucune autre partie, quelque considérable qu'elle soit. Il ne s'agit ici que du caractère essentiel qui distingue un genre de plantes de tout autre genre, et il n'est rien de si grande importance dans la botanique que de distinguer entièrement ce caractère de ce qui pourroit le déguiser, ou l'obscurcir.

La méthode qu'on a suivie est fondée ordinairement sur

Digitized by Google

la structure des fleurs et des fruits ; on ne sauroit s'en écarter sans se jeter dans d'étranges embarras, ainsi qu'on le montre dans la première partie ; mais on avoue que cette méthode n'est pas générale, et l'on n'a pas fait difficulté de se servir des autres parties des plantes lorsqu'on l'a cru nécessaire.

On espère que ceux qui commencent à étudier les plantes, les démêleront d'eux-mêmes, avec beaucoup de facilité, s'ils veulent fixer leur imagination aux parties qui établissent précisément le caractère de chaque genre. La structure de ces parties ne change point ; par exemple, si je ne me suis pas trompé dans la description du caractère de la mandragore, il est très certain que dans la suite du temps, les parties qui font ce caractère seront semblables à celles qui sont décrites et gravées dans l'article de la *mandragore* : ainsi ceux qui voudront se ressouvenir que le caractère de ce genre consiste précisément dans la structure de telles ou telles parties, n'auront pas de peine à y réduire non seulement les espèces communes de la mandragore, mais aussi toutes celles de même genre qui se présenteront et qui ne sont pas décrites.

Il y a deux choses à savoir pour connoître les plantes avec certitude : découvrir sous quel genre il faut les réduire, savoir ensuite si les espèces de ce genre ont été nommées et décrites par quelques auteurs. La découverte du genre est sans doute, ce qu'il y a de plus beau et de plus certain, mais aussi ce qu'il y a de plus difficile dans la botanique, et l'on s'éclaircit aisément si de telles espèces ont été nommées et décrites ou non, lorsqu'on est une fois convaincu du caractère de leur genre.

Pour se servir donc de ce livre avec utilité, il faut d'abord examiner comment on doit établir les genres et les classes des plantes, afin d'être assuré que la méthode qu'on s'y propose est la seule qui se puisse accommoder à l'usage. Ensuite, on doit s'attacher à bien comprendre la structure

Digitized by Google

des fleurs, à distinguer leurs différences avec soin : car, c'est par la structure de la fleur qu'il faut commencer l'examen de chaque espèce de plante, si l'on veut en découvrir le caractère, et herboriser avec connoissance de cause. La fleur de chaque plante que ce soit, est une fleur à étamines ou une fleur à feuilles. Si c'est une fleur à étamines, elle est attachée à l'embrion de la graine, ou elle en est séparée ; on la cherchera donc en la classe des fleurs à étamines ; mais si c'est une fleur à feuilles, elle sera simple ou composée. Si c'est une fleur simple, elle sera ou d'une seule feuille ou de plusieurs feuilles : si elle est d'une seule feuille, on pourra la ranger sous quelqu'une des différences suivantes, pour que toutes les fleurs à feuilles d'une seule pièce se puissent réduire à neuf espèces : savoir les fleurs en cloche, en campane, en grelot, en entonnoir, en soucoupe, en rosette, en mufle, en gueule, et les fleurs irrégulières d'une seule partie. Si c'est une fleur simple ou à plusieurs feuilles, on la réduira sous quelqu'une des cinq espèces suivantes, qui sont les fleurs en croix, en rose, en œillet, en lis, et les fleurs irrégulières à plusieurs feuilles, comme les légumineuses et quelques autres ; si c'est une fleur composée, elle sera ou une fleur à fleuron, ou une fleur à demi-fleuron, ou une fleur radiée. On ne connoit que ces sortes de fleurs à feuilles, et toutes ces différentes fleurs avec les fleurs à étamines ne se montent qu'à dix-huit. La pratique en facilitera l'usage dans peu de temps, et c'est le principe le plus simple qu'on puisse suivre en botanique.

(*Eléments de botanique.* Avertissement de l'auteur.)

Digitized by Google

RÉAUMUR

Les chenilles.

Lorsque l'hyver a dépouillé les arbres de leurs feuilles, la nature semble avoir perdu ses insectes ; il y en a des milliers d'espèces, d'ailées et de non-ailées, si communes en d'autres temps, qu'on ne retrouve plus alors. Nos campagnes s'en repeuplent dès que les feuilles des arbres commencent à pointer ; des chenilles de toutes espèces les rongent avant même qu'elles se soient développées. Ces chenilles, que nous voyons alors reparoître, suffisent pour nous donner idée des moyens généraux que la nature employe pour conserver tant d'insectes dans une saison où ils ne sçauroient plus trouver de quoi se nourrir. Les observations qui ont été faites jusqu'ici, ont établi que les chenilles naissent d'œufs de papillons. Nous verrons ailleurs les lieux que les papillons choisissent pour déposer leurs œufs, l'art avec lequel ils les arrangent, et les précautions qu'ils semblent prendre pour les conserver ; c'en est assés à présent de sçavoir qu'un très grand nombre d'espèces de chenilles ne subsistent plus pendant l'hyver que dans les œufs que les papillons ont pondus dans des temps plus doux. Tout a été combiné par la nature de façon que la chaleur nécessaire pour faire croître les petites chenilles dans leurs œufs, est la même qui est nécessaire pour faire pousser les feuilles des plantes et des arbres propres à les nourrir. Quand elles ont acquis la force de briser leurs coques, d'en sortir, elles trouvent les aliments que leurs besoins leur font chercher.

Pour arriver à l'état de papillon, les chenilles passent par un état moyen, qui est celui de crisalide. Sous cette forme, l'insecte n'a pas besoin de prendre de nourriture, et n'a pas

Digitized by Google

d'organes capables d'en prendre. Quantité d'espèces de crisalides vivent pendant l'hyver, les unes renfermées dans des coques qu'elles se sont filées, lorsqu'elles étaient chenilles ; les autres sont au-dessous de certaines portions d'écorce d'arbres qui se sont un peu détachées ; d'autres sont dans des crevasses de murs ; d'autres sont cachées sous terre. C'est de ces crisalides que sortent les différentes espèces de papillons que nous voyons voler au printemps ; ils sont alors des œufs, d'où des chenilles ne sont pas longtemps à éclorre. D'autres chenilles passent l'hyver sous la forme même de chenille, elles se choisissent et se font des retraites où elles se tiennent aussi immobiles que si elles étoient mortes : leur constitution est telle que leurs aliments leur sont alors inutiles ; il ne se fait pas alors chés elles de dissipation qui demandent à être réparées. Les retraites des unes sont sous terre, quelquefois à une profondeur de plusieurs pieds. D'autres restent au-dessus de la surface de la terre, sur des plantes, sur des arbres. Celles-ci sont ordinairement rassemblées en grand nombre dans le même endroit sous plusieurs enveloppes de soye qui servent à les défendre contre les injures de l'air. Il y a même quelques papillons de certaines espèces, qui passent l'hyver en vie, sans prendre de nourriture, aussi le passent-ils sans voler. Ils se tiennent cachés dans des endroits où on ne les iroit pas chercher. J'ai souvent fait fendre pendant l'hyver des troncs d'arbres creux ou cariés, pour trouver les insectes qui y étoient logés, dans lesquels j'ai quelquefois vû des papillons immobiles, mais qui devenoient en état de faire usage de leurs jambes et de leurs ailes, dès que je les avois un peu réchauffés. J'ai trouvé, par exemple, dans des troncs de chêne des papillons vivants, dont les uns venoient de chenilles qui se nourrissent des feuilles de l'orme, et dont les autres venoient de chenilles qui se nourrissent des feuilles de l'ortie.

C'est par des moyens à peu près semblables, que tant

Digitized by Google

d'autres espèces d'insectes se conservent pendant l'hyver ; il est vrai pourtant qu'il en fait périr un grand nombre, et il est bien important qu'il nous en fasse périr beaucoup. Il y a des races si prodigieusement fécondes, que pour peu qu'il en reste quelques individus, ils peuvent encore s'être assez multipliés avant la fin de l'été pour nous incommoder.

Les chenilles sont des premiers insectes qui reparoissent au printemps, c'en est une des plus nombreuses classes ; quelque part où on se promène pendant les belles saisons de l'année, on en trouve sur diverses espèces d'arbres et de plantes. C'en eut été assés pour me déterminer à commencer ces mémoires par les observations qui les regardent ; une autre raison m'y a encore déterminé. On sçait que leur état est passager, que toutes doivent par la suite devenir des insectes ailés ; ces changements de forme sont certainement un des plus singuliers spectacles que nous offre l'histoire naturelle, et les chenilles nous donnent plus de commodités qu'aucuns autres insectes, d'observer les voyes que la nature a prises pour les opérer, de nous instruire des adresses qu'elle a enseignées aux insectes pour se précautionner contre les dangers auxquels ils sont exposés par ces temps critiques.

(*Mémoires pour servir à l'histoire des insectes.* T. I.)

Les fourmis.

Les fourmis sont dignes de tous les éloges qu'on leur a donnés par rapport à leur amour pour le travail, mais on les a loué d'une prévoyance qu' elles n'ont pas, parce qu'elle leur était inutile. On a cru de tout temps que rien ne les occupait davantage pendant l'été, que le soin de faire des magasins de grains pour se nourrir pendant l'hiver. On les a citées comme propres à remplir de confusion ceux qui ne savent pas s'inquiéter de l'avenir. La charmante fable de la

Digitized by Google

fourmi et de la cigale n'en est pas moins instructive, quoiqu'il soit certain que la fourmi ne sache point faire de provisions pendant l'été, et quoique toutes les cigales soient mortes, chaque année, longtemps avant que l'hiver arrive.

Pour en venir à dégrader les fourmis, pour leur ravir une gloire dont elles étaient en possession de temps immémorial, il a fallu que j'y ai été forcé par des preuves auxquelles il n'y avait rien à répliquer...

On a cru que la fourmi, qui transporte un grain de blé, se propose une fin différente que celle qu'elle avait lorsqu'elle se chargeait d'un brin de bois ou d'une très petite pierre ou d'un grumeau de terre; le grain de blé, comme le brin de bois, comme la petite pierre, comme le grumeau de terre, était néanmoins destiné à entrer dans la construction de la fourmilière; plusieurs grains pareils y peuvent être employés; nous avons même vu de petites fourmilières dont les seuls matériaux étaient des grains d'orge.

. . . . . .

C'est une erreur très grossière que de donner aux pucerons des fourmis pour mères...

Les fourmis cherchent les pucerons et paraissent les caresser, mais leurs caresses sont intéressées. Le motif n'en est pas équivoque, dès qu'on sait que les fourmis aiment le sucre et tout ce qui est sucré, et qu'il sort du corps du puceron une eau douce et sucrée...

Je ne dois pas cacher le mal que je sais d'elles (des fourmis). Une espèce d'une médiocre grandeur, d'un brun presque noir et luisant, maltraitait très fort sous mes yeux les fleurs d'un abricotier qui avait fleuri des premiers. Quand je remarquai que les fourmis étaient en très grande quantité sur cet arbre, je ne crus pas d'abord que ce fût à mauvaise intention; je crus qu'elles étaient attirées par des gallinsectes ou des pucerons; mais mon jardinier me fit observer qu'elles en voulaient aux fleurs; elles coupaient le

Digitized by Google

pistil des fruits et souvent le fruit lui-même lorsqu'il commençait à se nouer. On les accuse aussi de ronger les tendres bourgeons...

. . . . . .

Un témoin oculaire..., M. le Cardinal de Fleury, après m'avoir dit qu'il avait toujours été grand admirateur des fourmis, m'a raconté qu'il en avait observé qui étaient parvenues à se faire un pont sur l'eau d'un vase dans lequel était posé un pied de caisse d'oranger. Elles transportèrent sous ses yeux de petits brins de bois, et, les ayant disposés les uns auprès des autres, depuis le bord du vase jusqu'à la caisse, elles pouvaient se rendre à celle-ci à pied sec. Il m'a assuré en avoir vu encore qui eurent recours à un expédient assez semblable dans un autre cas. Pour les arrêter, on avait mis autour de la tige de l'arbre une ceinture de glu qui rendait le chemin impraticable : pour le raccommoder, elles travaillèrent à y faire une chaussée ; elles apportèrent et mirent les uns auprès des autres des grains de terre, des grains de sable et même de petites pierres. Après quoi, elles se trouvèrent en état de franchir le mauvais pas.

(*Histoire des fourmis.*)

Digitized by Google

BERNARD DE JUSSIEU

Herborisations autour de Paris.

L'histoire des Plantes des environs de Paris, de M. Tournefort, est un de ces livres dont l'utilité fait l'éloge, on peut même dire qu'on doit le regarder comme un chef-d'œuvre de l'art dont il traite, puisque personne avant lui n'avait trouvé le moyen de réunir dans un petit volume les règles de connoître les plantes par l'herborisation, l'indication et la critique des auteurs qui en ont donné des figures, et qui les ont décrites ; le modèle de la manière la plus exacte et la plus concise de les décrire soy-même, l'examen des principes dont elles sont composées, fondé sur des analyses faites avec soin ; les observations de l'action de leurs sucs sur différents corps, et leurs usages prouvés par des raisonnements physiques et appuyés des autorités les plus reçues ; le mérite de l'assemblage de tant de parties, renfermées avec choix dans les bornes étroites d'un *in*-12 l'a fait rechercher de tant de gens, que sa rareté demandait déjà depuis longtemps une seconde édition, et comme c'est le sort des ouvrages d'observations, quelque parfaits qu'ils puissent être d'être toujours susceptibles d'additions, c'était encore un motif pressant pour l'entreprendre.

Les Amateurs de la Botanique excités par la curiosité pour repasser tous les ans les traces marquées par M. Tournefort dans les environs de Paris, étaient surpris de trouver quelquefois des plantes qui leur paraissaient avoir été oubliées par cet illustre auteur, ce qui leur semblait de sa part un manque d'exactitude, qu'on lui imputerait cependant mal à propos, pour peu que l'on fasse attention aux différents changements arrivés dans ces lieux ou par défrichements, ou par des saisons plus ou moins convena-

Digitized by Google

bles à la multiplication de certaines plantes d'ailleurs très communes.

Ces deux considérations m'ont porté avec d'autant plus de plaisir à travailler à ces additions, que nous les voïons tous les jours souhaitées par ceux qui sont assidus aux démonstrations du Jardin Royal, et qui me suivent à celles de la campagne. J'hésitai d'abord si je les donnerois à part dans un volume, en forme de supplément, ou si je les mélerois dans le corps de l'ouvrage de M. Tournefort, chacune dans l'ordre et au lieu de la démonstration où elles conviennent; mais l'incommodité qu'auroient eu les lecteurs de porter à la campagne trois volumes au lieu de deux petits m'a fait passer par dessus l'envie que j'avais de donner l'ouvrage de M. de Tournefort sans mélange, et j'ai cru qu'en me contentant d'insérer nüement les phrases des plantes nouvelles dans les endroits où M. de Tournefort les auroit placées, en les y marquant de petites étoiles, le Public me sçauroit gré de cette attention.

(*Préface de la seconde édition de l'Histoire des plantes qui naissent aux environs de Paris*, par M. de Tournefort.)

Digitized by Google

LAURENT DE JUSSIEU

Les familles végétales.

Dans l'intention de bien connaître ce qu'on appelait *familles*, je résolus de prendre l'une pour l'objet de mon mémoire. Linnœus avait donné ses *ordines naturales*; Bernard de Jussieu avait tracé ses *familles* dans le jardin de Trianon, en 1759 et Adanson [1] avait donné ses *familles des plantes*, en 1763.

Je pris pour sujet la famille des Renonculacées adoptée par ces trois auteurs ; et, après avoir bien étudié leurs catalogues, je parcourus cette famille dans tous ses caractères et je reconnus bientôt qu'ils n'avaient pas tous la même valeur, que les uns étaient constants dans toutes les plantes de la famille, que d'autres variaient seulement par exception et que d'autres enfin étaient plus ou moins variables ; d'où je conclus que dans les rapprochements, il ne suffisait pas d'avoir égard au nombre des caractères semblables, mais que, dans le calcul ou l'addition, il fallait avoir égard à cette valeur inégale : c'est ainsi que la graine me fournit les premières valeurs, les organes sexuels ensemble les secondes, et les autres caractères successivement diminuant en proportion, il en résulta pour moi que j'eus à la fin des idées plus fixes sur ces rapports. Mon mémoire composé par moi seul et approuvé par mon oncle fut accueilli par l'académie et m'en ouvrit l'entrée en 1773.

. . . . . .

On a vu, par quelques principes généraux, l'affinité qui existe entre les parties de la fructification : on a reconnu dans cette affinité divers degrés ; mais tous ces caractères

1. Botaniste français (1727-1806).

Digitized by Google

n'ont pas la même valeur, la même force pour unir ou séparer les plantes. Les uns sont primitifs, essentiels par eux-mêmes et invariables comme le nombre des lobes de l'embryon, sa situation dans la graine, la position du calice et du pistil, l'attache de la corolle et des étamines, ils servent aux divisions principales ; les autres sont secondaires, ils varient quelquefois et ne deviennent essentiels que quand leur existence est liée à celle d'un des précédents ; c'est leur assemblage qui distingue les familles végétales.

(*Mémoire sur la famille des Renonculacées.*)

Digitized by Google

LAURENT DE JUSSIEU

Digitized by Google

Digitized by Google

BUFFON

L'étude de l'histoire naturelle.

L'histoire naturelle, prise dans toute son étendue, est une histoire immense ; elle embrasse tous les objets que nous présente l'univers. Cette multitude prodigieuse de quadrupèdes, d'oiseaux, de poissons, d'insectes, de plantes, de minéraux, etc., offre à la curiosité de l'esprit humain un vaste spectacle, dont l'ensemble est si grand qu'il paraît et qu'il est en effet inépuisable dans les détails. Une seule partie de l'histoire naturelle, comme l'histoire des insectes ou l'histoire des plantes, suffit pour occuper plusieurs hommes ; et les plus habiles observateurs n'ont donné, après un travail de plusieurs années, que des ébauches assez imparfaites des objets trop multipliés que présentent ces branches particulières de l'histoire naturelle, auxquelles ils s'étaient uniquement attachés. Cependant ils ont fait tout ce qu'ils pouvaient faire ; et bien loin de s'en prendre aux observateurs du peu d'avancement de la science, on ne saurait trop louer leur assiduité au travail et leur patience ; on ne peut même leur refuser des qualités plus élevées : car il y a une espèce de force de génie et de courage d'esprit à pouvoir envisager, sans s'étonner, la nature dans la multitude innombrable de ses productions, et à se croire capable de les comprendre et de les comparer ; il y a une espèce de goût à les aimer, plus grand que le goût qui n'a pour but que des objets particuliers ; et l'on peut dire que l'amour de l'étude de la nature suppose dans l'esprit deux qualités qui paraissent opposées : les grandes vues d'un génie ardent, qui embrasse tout d'un coup d'œil, et les petites attentions d'un instinct laborieux, qui ne s'attache qu'à un seul point.

Digitized by Google

Le premier obstacle qui se présente dans l'étude de l'histoire naturelle vient de cette grande multitude d'objets : mais la variété de ces mêmes objets, et la difficulté de rassembler les productions diverses des différents climats, forment un autre obstacle à l'avancement de nos connaissances, qui paraît invincible, et qu'en effet le travail seul ne peut surmonter ; ce n'est qu'à force de temps, de soins, de dépenses, et souvent par des hasards heureux, qu'on peut se procurer des individus bien conservés de chaque espèce d'animaux, de plantes ou de minéraux, et former une collection bien rangée de tous les ouvrages de la nature.

Mais lorsqu'on est parvenu à rassembler des échantillons de tout ce qui peuple l'univers ; lorsque, après bien des peines, on a mis dans un même lieu des modèles de tout ce qui se trouve répandu avec profusion sur la terre, et qu'on jette pour la première fois les yeux sur ce magasin rempli de choses diverses, nouvelles et étrangères, la première sensation qui en résulte est un étonnement mêlé d'admiration, et la première réflexion qui suit est un retour humiliant sur nous-mêmes. On ne s'imagine pas qu'on puisse, avec le temps, parvenir au point de reconnaître tous ces différents objets ; qu'on puisse parvenir non-seulement à les reconnaître par la forme, mais encore à savoir tout ce qui a rapport à la naissance, la production, l'organisation, les usages, en un mot, à l'histoire de chaque chose en particulier. Cependant, en se familiarisant avec ces mêmes objets, en les voyant souvent, et, pour ainsi dire, sans dessein, ils forment peu à peu des impressions durables, qui bientôt se lient dans notre esprit par des rapports fixes et invariables ; et de là nous nous élevons à des vues plus générales, par lesquelles nous pouvons embrasser à la fois plusieurs objets différents ; et c'est alors qu'on est en état d'étudier avec ordre, de réfléchir avec fruit et de se frayer des routes pour arriver à des découvertes utiles.

Digitized by Google

On doit donc commencer par voir beaucoup et revoir souvent. Quelque nécessaire que l'attention soit à tout, ici on peut s'en dispenser d'abord : je veux parler de cette attention scrupuleuse, toujours utile lorsqu'on sait beaucoup, et souvent nuisible à ceux qui commencent à s'instruire. L'essentiel est de leur meubler la tête d'idées et de faits, de les empêcher, s'il est possible, d'en tirer trop tôt des raisonnements et des rapports ; car il arrive toujours que par l'ignorance de certains faits, et par la trop petite quantité d'idées, ils épuisent leur esprit en fausses combinaisons, et se chargent la mémoire de conséquences vagues et de résultats contraires à la vérité, lesquels forment dans la suite des préjugés qui s'effacent difficilement.

C'est pour cela que j'ai dit qu'il fallait commencer par voir beaucoup : il faut aussi voir presque sans dessein, parce que si vous avez résolu de ne considérer les choses que dans une certaine vue, dans un certain ordre, dans un certain système, eussiez-vous pris le meilleur chemin, vous n'arriverez jamais à la même étendue de connaissance à laquelle vous pourrez prétendre si vous laissez dans les commencements votre esprit marcher de lui-même, se reconnaître, s'assurer sans secours et former seul la première chaîne qui représente l'ordre de ses idées.

La première vérité qui sort de cet examen sérieux de la nature est une vérité peut-être humiliante pour l'homme : c'est qu'il doit se ranger lui-même dans la classe des animaux, auxquels il ressemble par tout ce qu'il a de matériel ; et même leur instinct lui paraîtra peut-être plus sûr que sa raison, et leur industrie plus admirable que ses arts.

Parcourant ensuite successivement et par ordre les différents objets qui composent l'univers, et se mettant à la tête de tous les êtres créés, il verra avec étonnement qu'on peut descendre, par des degrés presque insensibles, de la créature la plus parfaite jusqu'à la matière la plus informe, de l'animal le mieux organisé jusqu'au minéral le plus brut ;

Digitized by Google

il reconnaîtra que ces nuances imperceptibles sont le grand œuvre de la nature; il les trouvera, ces nuances, non-seulement dans les grandeurs et dans les formes, mais dans les mouvements, dans les générations, dans les successions de toute espèce.

En approfondissant cette idée, on voit clairement qu'il est impossible de donner un système général, une méthode parfaite, non-seulement pour l'histoire naturelle entière, mais même pour une seule de ses branches : car pour faire un système, un arrangement, en un mot une méthode générale, il faut que tout y soit compris : il faut diviser ce tout en différentes classes, partager ces classes en genres, sous-diviser ces genres en espèces, et tout cela suivant un ordre dans lequel il entre nécessairement de l'arbitraire. Mais la nature marche par des gradations inconnues, et par conséquent elle ne peut pas se prêter totalement à ces divisions, puisqu'elle passe d'une espèce à une autre espèce, et souvent d'un genre à un autre genre, par des nuances imperceptibles; de sorte qu'il se trouve un grand nombre d'espèces moyennes et d'objets mi-partis qu'on ne sait où placer, et qui dérangent nécessairement le projet du système général.

(*Histoire naturelle.* 1er discours.)

La nature.

La Nature est le système des lois établies par le Créateur, pour l'existence des choses et pour la succession des êtres. La Nature n'est point une chose, car cette chose serait tout; la Nature n'est point un être, car cet être serait Dieu ; mais on peut la considérer comme une puissance vive, immense, qui embrasse tout, qui anime tout, et qui subordonnée à celle du premier être, n'a commencé d'agir que par son ordre, et n'agit encore que par son concours ou son

Digitized by Google

consentement. Cette puissance est de la puissance divine, la partie qui se manifeste ; c'est en même temps la cause et l'effet, le mode et la substance, le dessein et l'ouvrage : bien différente de l'art humain dont les productions ne sont que des ouvrages morts, la Nature est elle-même un ouvrage perpétuellement vivant, un ouvrier sans cesse actif, qui sait tout employer, qui travaillant d'après soi-même, toujours sur le même fonds, bien loin de l'épuiser le rend inépuisable : le temps, l'espace et la matière sont ses moyens, l'univers son objet, le mouvement et la vie son but.

Les effets de cette puissance sont les phénomènes du monde ; les ressorts qu'elle emploie sont des forces vives, que l'espace et le temps ne peuvent que mesurer et limiter sans jamais les détruire ; des forces qui se balancent, qui se confondent, qui s'opposent sans pouvoir s'anéantir : les unes pénètrent et transportent les corps, les autres les échauffent et les animent ; l'attraction et l'impulsion sont les deux principaux instruments de l'action de cette puissance sur les corps bruts ; la chaleur et les molécules organiques vivantes sont les principes actifs qu'elle met en œuvre pour la formation et le développement des êtres organisés.

Avec de tels moyens que ne peut la Nature ? Elle pourrait tout, si elle pouvait anéantir et créer ; mais Dieu s'est réservé ces deux extrêmes de pouvoir : anéantir et créer sont les attributs de la toute-puissance ; altérer, changer, détruire ; développer, renouveler, produire, sont les seuls droits qu'il a voulu céder. Ministre de ses ordres irrévocables, dépositaire de ses immuables décrets, la Nature ne s'écarte jamais des lois qui lui ont été prescrites ; elle n'altère rien aux plans qui lui ont été tracés, et dans tous ses ouvrages elle présente le sceau de l'Éternel : cette empreinte divine, prototype inaltérable des existences, est le modèle sur lequel elle opère, modèle dont tous les traits sont

Digitized by Google

exprimés en caractères ineffaçables, et prononcés pour jamais ; modèle toujours neuf, que le nombre des moules ou des copies, quelque infini qu'il soit, ne fait que renouveler.

Aussi, avec quelle magnificence la Nature ne brille-t-elle pas sur la terre ? une lumière pure s'étendant de l'orient au couchant, dore successivement les hémisphères de ce globe ; un élément transparent et léger l'environne ; une chaleur douce et féconde anime, fait éclore tous les germes de vie ; des eaux vives et salutaires servent à leur entretien, à leur accroissement ; des éminences distribuées dans le milieu des terres arrêtent les vapeurs de l'air, rendent ces sources intarissables et toujours nouvelles ; des cavités immenses faites pour les recevoir partagent les continents : l'étendue de la mer est aussi grande que celle de la terre ; ce n'est point un élément froid et stérile, c'est un nouvel empire aussi riche, aussi peuplé que le premier. Le doigt de Dieu a marqué leurs confins ; si la mer anticipe sur les plages de l'occident, elle laisse à découvert celles de l'orient : cette masse immense d'eau, inactive par elle-même, suit les impressions des mouvements célestes, elle se balance par des oscillations régulières de flux et de reflux, elle s'élève et s'abaisse avec l'astre de la nuit, elle s'élève encore plus lorsqu'il concourt avec l'astre du jour, et que tous deux, réunissant leurs forces dans le temps des équinoxes, causent les grandes marées : notre correspondance avec le ciel n'est nulle part mieux marquée.

(*Idem.*)

L'unité de composition.

A considérer l'âne, même avec des yeux attentifs et dans un assez grand détail, il paraît n'être qu'un cheval dégénéré : la parfaite similitude de conformation dans le cerveau, les poumons, l'estomac, le conduit intestinal, le cœur, le foie,

Digitized by Google

les autres viscères, et la grande ressemblance du corps, des jambes, des pieds et du squelette en entier, semblent fonder cette opinion. L'on pourrait attribuer les légères différences qui se trouvent entre ces deux animaux à l'influence très-ancienne du climat, de la nourriture, et à la succession fortuite de plusieurs générations de petits chevaux sauvages à demi dégénérés, qui peu à peu auraient encore dégénéré davantage, se seraient ensuite dégradés autant qu'il est possible, et auraient à la fin produit à nos yeux une espèce nouvelle et constante, ou plutôt une succession d'individus semblables, tous constamment viciés de la même façon, et assez différents des chevaux pour pouvoir être regardés comme formant une autre espèce. Ce qui paraît favoriser cette idée, c'est que les chevaux varient beaucoup plus que les ânes par la couleur de leur poil, qu'ils sont par conséquent plus anciennement domestiques, puisque tous les animaux domestiques varient par la couleur beaucoup plus que les animaux sauvages de la même espèce; que la plupart des chevaux sauvages dont parlent les voyageurs sont de petite taille, et ont, comme les ânes, le poil gris, la queue nue, hérissée à l'extrémité, et qu'il y a des chevaux sauvages, et même des chevaux domestiques, qui ont la raie noire sur le dos, et d'autres caractères qui les rapprochent encore des ânes sauvages ou domestiques. D'autre côté, si l'on considère la différence du tempérament, du naturel, des mœurs, du résultat, en un mot, de l'organisation de ces deux animaux, et surtout l'impossibilité de les mêler pour en faire une espèce commune, ou même une espèce intermédiaire qui puisse se renouveler, on paraît encore mieux fondé à croire que ces deux animaux sont chacun d'une espèce aussi ancienne l'une que l'autre, et originairement aussi essentiellement différentes qu'elles le sont aujourd'hui; d'autant plus que l'âne ne laisse pas de différer matériellement du cheval par la petitesse de la taille, la grosseur de la tête, la longueur des oreilles, la dureté de

Digitized by Google

la peau, la nudité de la queue, la forme de la croupe, et aussi par les dimensions des parties qui en sont voisines, par la voix, l'appétit, la manière de boire, etc. L'âne et le cheval viennent-ils donc originairement de la même souche? sont-ils, comme le disent les nomenclateurs, de la même *famille*? ou ne sont-ils pas et n'ont-ils pas toujours été des animaux différents?

Cette question, dont les physiciens sentiront bien la généralité, la difficulté, les conséquences, et que nous avons cru devoir traiter dans cet article, parce quelle se présente pour la première fois, tient à la production des êtres de plus près qu'aucune autre, et demande, pour être éclaircie, que nous considérions la nature sous un nouveau point de vue. Si, dans l'immense variété que nous présentent tous les êtres animés qui peuplent l'univers, nous choisissions un animal, ou même le corps de l'homme, pour servir de base à nos connaissances et y rapporter, par la voie de la comparaison, les autres êtres organisés, nous trouverons que, quoique tous ces êtres existent solitairement, et que tous varient par des différences graduées à l'infini, il existe en même temps un dessein primitif et général qu'on peut suivre très-loin, et dont les dégradations sont bien plus lentes que celles des figures et des autres rapports apparents; car, sans parler des organes de la digestion, de la circulation et de la génération, qui appartiennent à tous les animaux, et sans lesquels l'animal cesserait d'être animal, et ne pourrait ni subsister ni se reproduire, il y a, dans les parties mêmes qui contribuent le plus à la variété de la forme extérieure, une prodigieuse ressemblance qui nous rappelle nécessairement l'idée d'un premier dessein, sur lequel tout semble avoir été conçu. Le corps du cheval, par exemple, qui, du premier coup d'œil, paraît si différent du corps de l'homme, lorsqu'on vient à le comparer en détail et partie par partie, au lieu de surprendre par la différence, n'étonne plus que par la ressemblance singulière et presque com-

Digitized by Google

plète qu'on y trouve. En effet, prenez le squelette de l'homme, inclinez les os du bassin, raccourcissez les os des cuisses, des jambes et des bras. allongez ceux des pieds et des mains, soudez ensemble les phalanges, allongez les mâchoires en raccourcissant l'os frontal, et enfin allongez aussi l'épine du dos ; ce squelette cessera de représenter la dépouille d'un homme, et sera le squelette d'un cheval : car on peut aisément supposer qu'en allongeant l'épine du dos et les mâchoires, on augmente en même temps le nombre des vertèbres, des côtes et des dents, et ce n'est en effet que par le nombre de ces os, qu'on peut regarder comme accessoires, et par l'allongement, le raccourcissement ou la jonction des autres, que la charpente du corps de cet animal diffère de la charpente du corps humain. Mais, pour suivre ces rapports encore plus loin, que l'on considère séparément quelques parties essentielles à la forme ; les côtes, par exemple, on les trouvera dans l'homme, dans tous les quadrupèdes, dans les oiseaux, dans les poissons, et on en suivra les vestiges jusque dans la tortue, où elles paraissent encore dessinées par les sillons qui sont sous son écaille ; que l'on considère, comme l'a remarqué M. Daubenton, que le pied d'un cheval, en apparence si différent de la main de l'homme, est cependant composé des mêmes os, et que nous avons à l'extrémité de chacun de nos doigts le même osselet en fer à cheval qui termine le pied de cet animal ; et l'on jugera si cette ressemblance cachée n'est pas plus merveilleuse que les différences apparentes ; si cette conformité constante et ce dessein suivi de l'homme aux quadrupèdes, des quadrupèdes aux cétacés, des cétacés aux oiseaux, des oiseaux aux reptiles, des reptiles aux poissons, etc., dans lesquels les parties essentielles, comme le cœur, les intestins, l'épine du dos, les sens, etc., se trouvent toujours, ne semblent pas indiquer qu'en créant les animaux l'Être suprême n'a voulu employer qu'une idée, et la varier en même temps de toutes les manières possibles,

Digitized by Google

afin que l'homme pût admirer également et la magnificence de l'exécution et la simplicité du dessein.

(*Histoire naturelle des quadrupèdes.*)

L'oiseau-mouche.

De tous les êtres animés, voici le plus élégant pour la forme et le plus brillant pour les couleurs. Les pierres et les métaux polis par notre art ne sont pas comparables à ce bijou de la nature ; elle l'a placé dans l'ordre des oiseaux, au dernier degré de l'échelle de grandeur, *maxime miranda in minimis* ; son chef-d'œuvre est le petit oiseau-mouche ; elle l'a comblé de tous les dons qu'elle n'a fait que partager aux autres oiseaux : légèreté, rapidité, prestesse, grâce et riche parure, tout appartient à ce petit favori. L'émeraude, le rubis, la topaze, brillent sur ses habits ; il ne les souille jamais de la poussière de la terre, et dans sa vie tout aérienne on le voit à peine toucher le gazon par instants ; il est toujours en l'air, volant de fleurs en fleurs ; il a leur fraîcheur comme il a leur éclat : il vit de leur nectar et n'habite que les climats où sans cesse elles se renouvellent.

C'est dans les contrées les plus chaudes du Nouveau-Monde que se trouvent toutes les espèces d'oiseaux-mouches ; elles sont assez nombreuses et paraissent confinées entre les deux tropiques, car ceux qui s'avancent en été dans les zones tempérées n'y font qu'un court séjour ; ils semblent suivre le soleil, s'avancer, se retirer avec lui, et voler sur l'aile des zéphyrs à la suite d'un printemps éternel.

Les Indiens, frappés de l'éclat et du feu que rendent les couleurs de ces brillants oiseaux, leur avaient donné les noms de *rayons* ou *cheveux du soleil*. Pour le volume, les petites espèces de ces oiseaux sont au-dessous de la grande mouche

Digitized by Google

asine (*le taon*) pour la grandeur, et du bourdon pour la grosseur. Leur bec est une aiguille fine et leur langue un fil délié ; leurs petits yeux noirs ne paraissent que deux points brillants ; les plumes de leurs ailes sont si délicates qu'elles en paraissent transparentes ; à peine aperçoit-on leurs pieds, tant ils sont courts et menus ; ils en font peu d'usage, ils ne se posent que pour passer la nuit, et se laissent pendant le jour emporter dans les airs ; leur vol est continu, bourdonnant et rapide. Le battement de leurs ailes est si vif que l'oiseau, s'arrêtant dans les airs, paraît non seulement immobile, mais tout à fait sans action ; on le voit s'arrêter ainsi quelques instants devant une fleur et partir comme un trait pour aller à une autre ; il les visite toutes, plongeant sa petite langue dans leur sein, les flattant de ses ailes, sans jamais s'y fixer, mais aussi sans les quitter jamais ; il ne presse ses inconstances que pour mieux suivre ses amours et multiplier ses jouissances innocentes, car cet amant léger des fleurs vit à leurs dépens sans les flétrir : il ne fait que pomper leur miel, et c'est à cet usage que sa langue paraît uniquement destinée ; elle est composée de deux fibres creuses, formant un petit canal, divisé au bout en deux filets ; elle a la forme d'une trompe, dont elle fait les fonctions. L'oiseau la darde hors de son bec, apparemment par un mécanisme de l'os hyoïde, semblable à celui de la langue des pics ; il la plonge jusqu'au fond du calice des fleurs pour en tirer les sucs. Telle est sa manière de vivre d'après tous les auteurs qui en ont écrit.

Rien n'égale la vivacité de ces petits oiseaux, si ce n'est leur courage, ou plutôt leur audace. On les voit poursuivre avec furie des oiseaux vingt fois plus gros qu'eux, s'attacher à leur corps, et, se laissant emporter par leur vol, les becqueter à coups redoublés jusqu'à ce qu'ils aient assouvi leur petite colère. Quelquefois même ils se livrent entre eux de très vifs combats ; l'impatience paraît être leur âme ; s'ils s'approchent d'une fleur et qu'ils la trouvent fanée, ils lui

Digitized by Google

arrachent les pétales avec une précipitation qui marque leur dépit. Ils n'ont point d'autre voix qu'un petit cri, *screp*, *screp*, fréquent et répété ; ils le font entendre dans les bois dès l'aurore, jusqu'à ce qu'aux premiers rayons du soleil tous prennent l'essor et se dispersent dans les campagnes.

Ils sont solitaires, et il serait difficile qu'étant sans cesse emportés dans les airs, ils pussent se reconnaître et se joindre. Néanmoins on voit les oiseaux-mouches deux à deux dans le temps des nichées ; le nid qu'ils construisent répond à la délicatesse de leur corps ; il est fait d'un coton fin ou d'une bourre soyeuse recueillie sur des fleurs ; ce nid est fortement tissu et de la consistance d'une peau douce et épaisse ; la femelle se charge de l'ouvrage et laisse au mâle le soin d'apporter les matériaux. On la voit empressée à ce travail chéri, chercher, choisir, employer brin à brin les fibres propres à former le tissu de ce doux berceau de sa progéniture ; elle en polit les bords avec sa gorge, le dedans avec sa queue ; elle le revêt à l'extérieur de petits morceaux d'écorce de gommier qu'elle colle à l'entour pour le défendre des injures de l'air autant que pour le rendre plus solide ; le tout est attaché à deux feuilles ou à un seul brin d'oranger, de citronnier, ou quelquefois à un fêtu qui pend de la couverture de quelque case. Ce nid n'est pas plus gros que la moitié d'un abricot et fait de même en demi-coupe ; on y trouve deux œufs tout blancs et pas plus gros que des petits pois. Le mâle et la femelle les couvent tour à tour pendant douze jours ; les petits éclosent au treizième jour, et ne sont alors pas plus gros que des mouches. « Je n'ai jamais pu remarquer, dit le P. Dutertre, « quelle sorte de béquée la mère leur apporte, sinon qu'elle « leur donne à sucer sa langue encore toute emmiellée du « suc tiré des fleurs. »

Avec le lustre et le velouté des fleurs, on a voulu encore en trouver le parfum dans ces jolis oiseaux. Plusieurs auteurs ont écrit qu'ils sentaient le musc ; c'est une erreur.

Digitized by Google

On conçoit aisément qu'il est comme impossible d'élever ces petits volatils; ceux qu'on a essayé de nourrir avec des sirops ont dépéri dans quelques semaines. Ces aliments, quoique légers, sont encore bien différents du nectar délicat qu'ils recueillent en liberté sur les fleurs, et peut-être aurait-on mieux réussi en leur offrant du miel.

La manière de les abattre est de les tirer avec du sable ou à la sarbacane ; ils sont si peu défiants qu'ils se laissent approcher jusqu'à cinq ou six pas. On peut encore les prendre en se plaçant dans un buisson fleuri, une verge enduite d'une gomme gluante à la main ; on en touche aisément le petit oiseau lorsqu'il bourdonne devant une fleur. Il meurt aussitôt qu'il est pris, et sert après sa mort à parer les jeunes Indiennes qui portent en pendants d'oreilles deux de ces charmants oiseaux. Les Péruviens avaient l'art de composer avec leurs plumes des tableaux dont les anciennes relations ne cessent de vanter la beauté.

(*Oiseaux.*)

L'écureuil.

L'écureuil est un joli petit animal qui n'est qu'à demi sauvage, et qui, par sa gentillesse, par sa docilité, par l'innocence même de ses mœurs, mériterait d'être épargné. Il n'est ni carnassier ni nuisible, quoiqu'il saisisse quelquefois des oiseaux ; sa nourriture ordinaire sont des fruits, des amandes, des noisettes, de la faîne et du gland ; il est propre, leste, vif, très alerte, très éveillé, très industrieux; il a les yeux pleins de feu, la physionomie fine, le corps nerveux, les membres très dispos : sa jolie figure est encore rehaussée, parée par une belle queue en forme de panache, qu'il relève jusque dessus sa tête, et sous laquelle il se met à l'ombre ; il est, pour ainsi dire, moins quadrupède que les autres ; il se tient ordinairement assis, presque debout, et se sert de ses pieds de devant comme d'une main, pour

Digitized by Google

porter à sa bouche. Au lieu de se cacher sous terre, il est toujours en l'air ; il approche des oiseaux par sa légèreté ; il demeure comme eux sur la cime des arbres, parcourt les forêts en sautant de l'un à l'autre, y fait aussi son nid, cueille les graines, boit la rosée, et ne descend à terre que quand les arbres sont agités par la violence des vents. On ne le trouve pas dans les champs, dans les lieux découverts, dans les pays de plaine ; il n'approche jamais des habitations, il ne reste point dans les taillis, mais dans les bois de hauteur, sur les vieux arbres des plus belles futaies. Il craint l'eau plus encore que la terre. Il ne s'engourdit pas comme le loir pendant l'hiver ; il est en tout temps très éveillé, et pour peu que l'on touche au pied de l'arbre sur lequel il repose, il sort de sa petite bauge, fuit sur un autre arbre, ou se cache à l'abri d'une branche. Il ramasse des noisettes pendant l'été, en remplit les troncs, les fentes d'un vieux arbre, et a recours en hiver à sa provision ; il les cherche aussi sous la neige, qu'il détourne en grattant. Il a la voix éclatante, et plus perçante encore que celle de la fouine ; il a de plus un murmure à bouche fermée, un petit grognement de mécontentement qu'il fait entendre toutes les fois qu'on l'irrite. Il est trop léger pour marcher, il va ordinairement par petits sauts et quelquefois par bonds ; il a les ongles si pointus et les mouvements si prompts, qu'il grimpe en un instant sur un hêtre dont l'écorce est fort lisse.

On entend les écureuils, pendant les belles nuits d'été, crier en courant sur les arbres les uns après les autres ; ils semblent craindre l'ardeur du soleil, ils demeurent pendant le jour à l'abri dans leur domicile, dont ils sortent le soir pour s'exercer, jouer et manger ; ce domicile est propre, chaud et impénétrable à la pluie ; c'est ordinairement sur l'enfourchure d'un arbre qu'ils l'établissent ; ils commencent par y transporter des bûchettes qu'ils mêlent, qu'ils entrelacent avec de la mousse ; ils la serrent ensuite, ils la foulent, et don-

Digitized by Google

nent assez de capacité et de solidité à leur ouvrage pour y être à l'aise et en sûreté avec leurs petits. Ils produisent ordinairement trois ou quatre petits, et mettent bas au mois de mai ou au commencement de juin ; ils muent au sortir de l'hiver ; le poil nouveau est plus roux que celui qui tombe. Ils se peignent, ils se polissent avec les mains et les dents ; ils sont propres, ils n'ont aucune mauvaise odeur ; leur chair est assez bonne à manger. Le poil de la queue sert à faire des pinceaux ; mais leur peau ne fait pas une bonne fourrure.

(*Quadrupèdes.*)

Digitized by Google

LINNÉ

La nomenclature.

Pour pouvoir communiquer les idées, nous devons les exprimer par des noms propres, car si les mots ne sont pas définis et arrêtés, les choses seront bientôt oubliées et perdues. Les caractères distinctifs exprimés en nombres convenables deviennent comme des lettres à l'aide desquelles nous pouvons évidemment faire connaître toutes les productions naturelles. Si nous ignorons ces principes, si nous ne savons pas isoler des genres, nous ne pouvons faire aucune description vraiment naturelle.

La méthode qui est l'âme de la science, indique d'un coup d'œil les caractères distinctifs de chaque substance créée, ces caractères entraînent le nom, qui fait bientôt connaître tout ce que l'on sait du sujet à déterminer. Par la méthode, l'ordre naît dans le plan de la nature ; sans elle, tout paraît confus, vu la faiblesse de l'esprit humain.

Tout système peut se réduire à cinq termes : la classe, l'ordre, le genre, l'espèce, la variété. La classe répond au genre suprême, l'ordre au genre intermédiaire, le genre au genre prochain, l'espèce à l'espèce, la variété à l'individu.

Les noms doivent répondre à la méthode systématique, on doit donc avoir des noms, pour la classe, l'ordre, le genre, l'espèce et la variété.

Les caractères se déduiront de la classe, de l'ordre, du genre, de l'espèce et de la variété.

Les caractères doivent porter sur les attributs distinctifs, car ils constituent seuls la vraie science.

La vraie science en Histoire naturelle est basée sur l'ordre méthodique et sur la nomenclature systématique.

(*Genera plantarum.*)

Digitized by Google

A son maître Rudbeck.

Lorsque, dans le cours incertain de la vie, l'homme est parvenu à se procurer, ainsi qu'à sa famille, une existence assurée, que peut-il encore désirer si ce n'est de voir survivre son nom chez les races futures ? Pour parvenir à ce but, les uns étendent leur famille, les autres achètent des titres de noblesse et des ancêtres. Ceux-ci élèvent des maisons élégantes ou de vastes châteaux ou s'occupent à fonder des édifices religieux ; ceux-là convoitent les honneurs, d'autres enfin cultivent les sciences et les lettres, ou bien cherchent la gloire dans les combats. Mais à l'aide de ces divers moyens, cette prolongation d'existence ne dépasse guère un ou deux siècles. Les grandes richesses se divisent et disparaissent, les édifices les plus solides tombent en ruine, car les plus grandes villes ont été renversées et les États les plus florissants sont devenus la proie du vainqueur. Jaloux de te donner l'immortalité, sage Rudbeck, je vais te consacrer une plante et la nommer de ton nom. Elle suffira pour éterniser ta mémoire et la porter chez nos arrière-neveux. Aussi longtemps que la terre existera et que chaque printemps la verra se couvrir de fleurs, le *Rudbeckia*[1] conservera ton nom glorieux... J'ai choisi une plante *élevée* pour rappeler ton mérite et les services que tu as rendus ; *élancée* pour donner une idée de ta stature. Je l'ai voulue rameuse et chargée d'un grand nombre de fleurs et de fruits, pour montrer que tu as su cultiver à la fois les sciences et les lettres. Les fleurs radiées rendront témoignage que tu brillas parmi les savants comme le soleil parmi les astres ; et sa racine vivace nous apprendra que chaque année te voyait revivre par de nouveaux ouvrages. Honneur de nos jardins, le *Rudbeckia* sera

1. Plante de la famille des Composées.

Digitized by Google

cultivé dans toute l'Europe et dans les pays lointains où depuis longtemps a dû pénétrer ton nom vénéré.

Reçois cette plante, non pour ce qu'elle est encore, mais pour ce qu'elle deviendra lorsqu'elle portera ton nom. Je ne l'ai pas nommée pour en tirer vanité, mais pour honorer tes œuvres et te présenter l'hommage de ma gratitude en retour des bienfaits dont tu m'as comblé. Ce n'est point un don que je fais, c'est une dette que j'acquitte.

(*Amenitates academicæ.*)

Comptez les étamines.

Sans le secours d'une méthode, la botanique ne serait qu'un chaos; et quel homme se reconnaîtrait dans cette foule indéfinie d'objets dissemblables, en tout ou en partie, qu'enfante la nature dans le règne végétal? un coup d'œil les voit tous, mais il ne les voit que confusément et sans fruit; hélas! comment l'homme s'y prendrait-il pour ne pas s'égarer? ses égarements lui seraient toujours funestes. C'est donc sur l'indispensable nécessité de nous rendre compte de nos idées, de les rappeler de suite et par ordre, qu'est fondée sa nécessité; sa fonction est de soulager notre mémoire, en guidant notre esprit, en disposant, en distribuant les plantes suivant des caractères déterminés, d'après la considération de toutes les parties ou seulement de quelques-unes d'entre elles. De là sont nés les *classes* ou *familles*, les *ordres* ou *sections*, les *genres*, les *espèces*, les *variétés*.

Les *classes* ou *familles* sont la première division d'une méthode; cette première division est établie sur le caractère le plus saillant, le caractère le plus général qu'on a adopté pour elle.

L'*ordre* ou *section* subdivise chaque classe par la considération d'un caractère moins apparent, mais aussi général

Digitized by Google

que celui qui constitue la classe ; c'est une classe subalterne.

Le *genre* subdivise l'ordre en considérant dans les plantes, indépendamment du caractère particulier de l'ordre et de la section, les rapports qui semblent rapprocher un certain nombre de plantes : ces rapports portent sur toutes les parties de la fructification, le calice, la corolle, principalement le nectaire, les étamines, les pistils, les fruits, l'ovaire, les graines. C'est la nature qui a formé les genres et il est bien rare que les espèces du même genre ne s'écartent dans quelques-unes de leurs parties; c'est un motif pour le botaniste de fixer la détermination de ces genres sur plusieurs parties de la fructification.

Les *espèces* subdivisent le genre ; leurs différences font le vœu du botaniste ; il compte autant de genres qu'il y a de différences bien établies entre les plantes du même genre ; il se fonde sur la comparaison des parties moins essentielles que celles qui subdivisent les sections de la classe. Celui qui ne peut tracer les caractères des espèces par le défaut de comparaison, ou faute d'expérience, y suppléerait par une description générale de la plante ; mais il lui faut encore alors des principes de botanique, parce que sans ces principes il serait toujours inintelligible.

Les *variétés* sont un jeu de la nature ou l'ouvrage de causes accidentelles et de l'art ; elles sont changeantes, ne peuvent se soutenir constamment ; c'est par là qu'elles diffèrent des espèces.

L'*individu* est la plante qui fixe nos regards, considérée seule, pour elle-même, isolée et indépendamment de son espèce, de son ordre et de sa classe ; la multitude des méthodes comparées conduit un amateur à le connaître dans un grand nombre de rapports, et par là à le connaître plus sûrement.

Les méthodes assignent divers caractères ou signes bota-

Digitized by Google

niques destinés à désigner les parties essentielles par lesquelles les plantes se ressemblent ou diffèrent. On les divise en quatre espèces : le *caractère factice* ou *artificiel*, le *caractère essentiel*, le *caractère naturel*, et le *caractère habituel*.

Le *caractère factice* ou *artificiel* se tire d'un signe commun entre les botanistes, tels que ceux qui sont admis dans toutes les méthodes; il suffit pour discerner les genres d'un ordre d'avec ceux d'un autre, mais il ne suffit pas pour distinguer les genres entre eux.

Le *caractère essentiel* est un signe si propre aux plantes qui le portent, qu'il ne convient à aucune autre : tel le nectar dans les ellébores, dans les aconits. Ce caractère distingue essentiellement les genres dans tous les ordres, et distingue également les genres du même ordre.

Le *caractère naturel* est celui qui a été si sensible aux yeux qu'il ne peut être méconnu ; il se tire de toutes les parties de la plante; il remplit également le rôle du caractère factice et du caractère essentiel, il sert pour distinguer les classes, les genres et les espèces.

Le *caractère habituel* ou le port d'une plante gît dans sa conformation, dans tout son ensemble, dans son accroissement, sa grandeur, sa position : c'est la physionomie de l'homme qui résulte de l'ensemble de tous ses traits; ce caractère que l'observateur saisit facilement, que la mémoire rappelle aisément, mais que l'esprit ne saurait définir, ni la plume exprimer, n'est employé qu'à la distinction des espèces, et dans cette méthode seulement, pour la distinction des genres.

Ces caractères sont encore nommés *classiques*, *génériques*, *spécifiques*, quand ils constituent les classes, les sections, les genres, les espèces. Cette méthode ou système prend dans les fleurs ses caractères classiques, mais sur les étamines seulement; les pistils fournissent les caractères des ordres; la considération de toutes les parties de la reproduction présente celle des genres; enfin toutes les parties

Digitized by Google

visibles et palpables, quelquefois même les parties de la fructification, quand elles ne paraissent pas nécessaires à la formation des genres, fournissent les caractères des espèces.

Ces caractères sont l'alphabet de la botanique ; en épelant ces lettres, on parviendra nécessairement à nommer, à connaître les ressemblances et les dissemblances que le Créateur a originairement imprimé sur les végétaux.

(*Système des végétaux*. Préliminaires. Traduction de JOLYCLERC.)

Digitized by Google

BÉNÉDICT DE SAUSSURE

L'hygromètre à cheveu.

Le cheveu s'allonge quand il s'humecte, et se contracte ou se raccourcit quand il se dessèche. La différence entre le plus grand allongement que puisse lui donner l'humidité, et la plus grande contraction qu'il puisse recevoir de la sécheresse est, dans un cheveu convenablement lessivé et chargé d'un poids de trois grains, de 24 à 25 millièmes de sa longueur totale ; ce qui revient à trois lignes et demie ou trois lignes deux tiers par pied. Les variations du cheveu cru ne vont qu'au quart ou même à la cinquième partie de cette quantité : mais dans l'un et dans l'autre elles sont trop petites pour que l'on puisse se contenter de les observer immédiatement, à moins que l'on ne nouât bout à bout un grand nombre de cheveux pour obtenir une longueur de plusieurs pieds ; mais il y aurait divers inconvénients à cette construction, qui d'ailleurs ne donnerait pas un instrument portatif et commode. J'ai donc cherché le moyen de rendre cette variation sensible, sans rendre l'instrument volumineux et embarrassant.

Le plus efficace de tous est d'accrocher à un point fixe un des bouts du cheveu, et d'attacher l'autre à la circonférence d'un petit cylindre ou d'un arbre, qui porte à une de ses extrémités une aiguille légère, qui marque sur un cadran tous les mouvements de l'axe. Le cheveu est tendu par un contre-poids de 3 à 4 grains, suspendu à une soie très fine, qui est roulée en sens contraire autour du même cylindre.

. . . . . .

Les variations de cet Hygromètre sont, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus grandes que l'arbre autour

Digitized by Google

BÉNÉDICT DE SAUSSURE

Digitized by Google

Digitized by Google

duquel s'enveloppe la lame d'argent qui tient au cheveu, a un plus petit diamètre, et que l'instrument, par sa hauteur, est capable de recevoir un chemin plus long. J'en ai de quatorze pouces de haut, mais un pied suffit, et c'est la grandeur de celui qui a servi de modèle... Quant à son arbre, il a trois quarts de ligne de diamètre dans le fond des entailles sur lesquelles se roule la lame. Ses variations, lorsqu'on lui adapte un cheveu convenablement préparé, sont de plus d'une circonférence entière ; l'aiguille décrit environ quatre cents degrés en allant de la sécheresse extrême à l'humidité extrême.

Mais cet Hygromètre a l'inconvénient de ne pas revenir bien exactement au même point lorsqu'on l'agite un peu fortement, ou qu'on le transporte d'un lieu à un autre...

Cet instrument est donc très bon pour demeurer sédentaire dans un observatoire ; il peut aussi servir à diverses expériences hygrométriques, puisque l'on peut substituer au cheveu tous les corps que l'on veut éprouver, en les tenant tendus par des contre-poids plus ou moins forts, suivant que leur nature l'exige ; mais il ne convient pas pour être transporté, ni même pour des expériences qui l'exposent à de fortes secousses.

Pour le remplacer dans le cas où il ne peut pas servir, j'en ai fait construire un plus portatif, plus commode, et qui, s'il n'a pas des variations aussi étendues, est en revanche très solide, et ne risque point d'être dérangé par l'agitation et le transport.

(Suit la description de l'hygromètre portatif.)

(*Essai sur l'hygrométrie.* Chap. I.)

Le Mont-Blanc.

C'était devenu pour moi une sorte de maladie ; mes yeux ne rencontraient pas ce colosse, que l'on voit de si loin et

Digitized by Google

de tant d'endroits, sans que j'éprouvasse un sentiment douloureux.

Je pus enfin le contempler avec orgueil au mois d'août 1787. Je parvins sur cette cime, dont un guide, Jacques Balmat, avait trouvé le chemin l'année précédente.

L'ascension du Mont-Blanc exigea deux journées. Le premier jour, je campai pour la nuit à une altitude qu'aucun observateur n'avait encore dépassée en Europe. Le lendemain je gagnai la cime d'assez bonne heure pour pouvoir redescendre dans la même journée à Chamounix.

... Cette dernière partie de la montée fut, comme on doit le présumer, la plus fatigante pour la respiration, mais j'atteignis enfin ce but si longtemps désiré. Comme, pendant les deux heures que me prit cette pénible ascension, j'avais eu toujours sous les yeux à peu près tout ce que l'on voit de la cime, cette arrivée ne fut pas un coup de théâtre; elle ne me donna même pas d'abord tout le plaisir que l'on pourrait imaginer; mon sentiment le plus vif, le plus doux, fut de voir cesser les inquiétudes dont j'avais été l'objet; car la longueur de cette lutte, le souvenir et la sensation même encore poignante des peines que m'avait coûtées cette victoire, me donnaient une espèce d'irritation. Au moment où j'eus atteint le point le plus élevé de la neige qui couronne cette cime, je la foulai aux pieds avec une sorte de colère plutôt qu'avec un sentiment de plaisir. D'ailleurs, mon but n'était pas seulement d'atteindre le point le plus élevé, il fallait surtout y faire les observations et les expériences qui seules donnaient quelque prix à ce voyage, et je craignais infiniment de ne pouvoir faire qu'une partie de ce que j'avais projeté. Car j'avais déjà éprouvé, même sur le plateau où nous avions couché, que toute observation faite avec soin fatigue dans cet air rare, et cela parce que, sans y penser, on retient son souffle; et que comme il fallait là suppléer à la rareté de l'air par la fréquence des aspirations, cette suspension

Digitized by Google

causait un malaise sensible ; j'étais obligé de me reposer et de souffler, après avoir observé un instrument quelconque, comme après avoir fait une montée rapide.

MONUMENT ÉLEVÉ A LA MÉMOIRE DE SAUSSURE A CHAMONIX

Cependant le grand spectacle que j'avais sous les yeux me donna une vive satisfaction. Une légère vapeur suspendue dans les régions inférieures de l'air me dérobait à la vérité la vue des objets les plus bas et les plus éloignés,

Digitized by Google

tels que les plaines de la France et de la Lombardie ; mais je ne regrettai pas beaucoup cette perte ; ce que je venais voir, et ce que je vis avec la plus grande clarté, c'est l'ensemble de toutes les hautes cimes dont je désirais depuis si longtemps connaître l'organisation. Je n'en croyais pas mes yeux, il me semblait que c'était un rêve, lorsque je voyais sous mes pieds ces cimes majestueuses, ces redoutables aiguilles, le Midi, l'Argentière, le Géant, dont les bases mêmes avaient été pour moi d'un accès si difficile et si dangereux. Je saisissais leurs rapports, leur liaison, leur structure, et un seul regard levait des doutes que des années de travail n'avaient pu éclaircir.

La cime du Mont-Blanc est une espèce de dos d'âne, ou d'arête allongée, dirigée du levant au couchant, à peu près horizontale dans sa partie la plus élevée, et descendant à ses deux extrémités sous des angles de 28 à 30 degrés. Cette arête est très étroite, presque tranchante à son sommet, au point que deux personnes ne pourraient pas y marcher de front ; mais elle s'élargit et s'arrondit en descendant du côté de l'est, et elle prend du côté de l'ouest la forme d'un avant-toit, saillant au nord. Toute cette sommité est entièrement couverte de neige : on n'en voit sortir aucun rocher, si ce n'est à 60 ou 70 toises au-dessous. Il aurait paru naturel de penser que la plus haute cime des Alpes devait se trouver auprès de leur centre, ou du moins vers le milieu de la largeur de la masse des montagnes primitives. Cependant cela n'est point ainsi. On voit de la cime du Mont-Blanc qu'au midi, du côté de l'Italie, il y a beaucoup plus de hautes sommités qu'au nord, du côté de la Savoie ; en sorte que cette haute cime se trouve presque au bord septentrional de l'ensemble des montagnes primitives. Aussi le spectacle est-il beaucoup plus beau et plus intéressant du côté de l'Italie : car les montagnes secondaires au nord, terminées par la ligne bleue et monotone du Jura, ne présentent rien de grand ni de varié ; et nos

Digitized by Google

plaines, notre lac même, vus obliquement au travers des vapeurs de l'horizon, ne présentent que des teintes faibles et des objets peu distincts. Au contraire, du côté du midi, l'horizon couvert à perte de vue de hautes cimes, variées dans leurs formes et dans celles de leurs groupes, mélangées de neiges et de rochers, et entrecoupées de vallées verdoyantes, offre un ensemble également singulier et magnifique. Mais surtout, comme je l'ai déjà dit, les aiguilles et les glaciers de tous les environs du Mont-Blanc faisaient pour moi le spectacle tout à la fois le plus ravissant et le plus instructif.

D'après l'élévation du Mont-Blanc, on a demandé si de la cime on ne pourrait pas voir la mer. Certainement nous ne la distinguâmes pas ; mais il y avait à l'horizon de la vapeur, qui nous aurait empêchés de la voir, lors même qu'elle aurait été dans la sphère de nos rayons visuels. Cependant on pourrait de la cime de cette montagne, voir les bords du golfe de Gênes qui en sont éloignés de 56 lieues, et même jusqu'à 12 lieues au delà, s'il n'y avait que des plaines entre le Mont-Blanc et la mer ; cela ne serait nullement contraire aux lois de l'optique combinées avec la courbure de la terre. Mais comme tout ce golfe est bordé de montagnes, soit des Alpes au couchant, soit des Apennins au levant, il ne paraît pas que l'on puisse voir la mer du Mont-Blanc, ni même le Mont-Blanc de la mer, ce qui serait plus facile, parce que sa cime blanche, se projetant contre le bleu du ciel, formerait un objet plus distinct, à moins qu'on ne l'aperçût par quelque gorge ou quelque partie abaissée des montagnes de la côte de Gênes. Mais on peut très bien voir cette cime du haut des montagnes qui sont au bord de la mer ; j'ai même cru la reconnaître de la montagne de Caume, au-dessus de Toulon. De l'intérieur des terres, on sait qu'on voit le Mont-Blanc à de très grandes distances ; de Dijon, par exemple, et même de Langres, qui en est éloigné de 65 lieues en ligne droite.

Digitized by Google

C'est un fait connu de tous ceux qui ont atteint les cimes des montagnes élevées, que le ciel y paraît d'un bleu plus foncé que dans la plaine.

La grande pureté et la transparence de l'air, qui sont les causes de l'intensité de couleur, produisent vers le haut du Mont-Blanc un singulier phénomène, c'est que l'on peut y voir les étoiles en plein jour, mais, pour cela, il faut être entièrement à l'ombre et avoir même au-dessus de sa tête une masse d'ombre d'une épaisseur considérable ; sans quoi l'air trop fortement éclairé fait évanouir la faible clarté des étoiles. L'endroit le plus convenable pour faire cette observation le matin était la montée qui conduit à l'épaule du Mont-Blanc : quelques-uns des guides ont assuré avoir vu de là des étoiles; pour moi je n'y songeai pas, en sorte que je n'ai point été le témoin de ce phénomène; mais l'assertion uniforme des guides ne me laisse aucun doute sur sa réalité.

Un autre effet singulier de la pureté de l'air et de la couleur foncée du ciel qui en est la suite, fut un mouvement de terreur qu'il inspira à quelques guides dans une des premières tentatives qu'ils firent pour atteindre la cime. Comme ils gravissaient une pente de neige rapide, ils virent tout d'un coup le ciel par une espèce d'embrasure qui terminait le haut de cette pente; la couleur noire du ciel leur fit prendre cette embrasure pour un gouffre; ils rebroussèrent d'épouvante et rapportèrent à Chamounix qu'ils n'avaient pas pu avancer, parce qu'ils avaient vu un gouffre horrible s'ouvrir devant eux.

Nous ne vîmes à cette hauteur d'autres animaux que deux papillons : l'un était une petite phalène grise qui traversait le premier plateau de neige ; l'autre un papillon de jour qui me parut être le myrtil ; il traversait la dernière pente du Mont-Blanc, environ à 100 toises au-dessous de la cime. J'ai quelquefois été témoin de la manière dont ces insectes s'engagent sur les glaciers. En voltigeant sur les prairies

Digitized by Google

qui les bordent, ils s'aventurent au-dessus de la neige ou de la glace, et s'ils perdent la terre de vue, ils vont toujours en avant, et ne sachant pas où se poser, pour peu que le vent les soutienne, ils volent jusque sur les sommités les plus élevées, où ils tombent enfin de fatigue et meurent sur la neige.

La nature n'a point fait l'homme pour ces hautes régions ; le froid et la rareté de l'air l'en écartent, et comme il n'y trouve ni animaux ni plantes, ni même des métaux, rien ne l'y attire ; la curiosité et un désir ardent de s'instruire peuvent seuls lui faire surmonter pour quelques instants les obstacles de tout genre qui en défendent l'accès.

(*Voyage à la cime du Mont-Blanc.*)

Digitized by Google

DE LAMARCK

Les animaux sans vertèbres.

Ils sont dépourvus de colonne vertébrale, c'est-à-dire qu'ils n'ont pas intérieurement cette colonne dorsale, presque toujours osseuse, composée d'une suite de pièces articulées; colonne qui se termine à son extrémité antérieure par la tête de l'animal, à l'autre extrémité par sa queue et qui fait la base de tout véritable squelette.

Par cette définition, les *animaux sans vertèbres* sont nettement distingués des animaux vertébrés; mais, quoiqu'ils paraissent former une coupe particulière sous ce point de vue, leur ensemble néanmoins présente un assemblage d'objets dont les masses sont très disparates entre elles.

En effet, quant à la forme et à l'organisation intérieure, qu'y a-t-il de commun entre un *infusoire* et un *insecte*; entre un *ver* et un *crustacé*; en un mot, quelle étrange dissemblance ne trouve-t-on pas entre un *polype* et une *arachnide*, entre celle-ci et un *mollusque !*

Si l'ensemble des *animaux sans vertèbres* présente, dans ses masses déplacées et mises arbitrairement en comparaison, des assemblages disparates, on sera forcé de convenir qu'en rapprochant les objets d'après leurs véritables rapports, et qu'en distribuant les masses classiques dans l'ordre progressif de la composition et de l'organisation de ces animaux, on trouvera moins d'irrégularité dans leur série, quoique de distance en distance, les systèmes d'organisation soient singulièrement changés, et puissent rarement se lier les uns aux autres par de véritables nuances.

Telle est, je crois, l'idée la plus juste qu'on doive se former des *animaux sans vertèbres*. Ils composent une immense série d'animaux divers, au moins neuf fois plus nombreuse

Digitized by Google

DE LAMARCK

Digitized by Google

Digitized by Google

que celle de tous les vertébrés réunis, et dont probablement nous ne connaissons pas même la moitié des êtres qui la forment.

Ces animaux, originaires des eaux, vivent encore la plupart dans son sein : aussi c'est parmi eux que se trouvent les plus petits, les plus frêles, les plus imparfaits et les plus simples en organisation, comme c'est parmi les vertébrés qu'on observe les plus parfaits des animaux.

Sans doute, le volume ou la taille n'a point de rapport essentiel avec la nature de l'organisation des différents êtres vivants. Cependant, il n'en n'est pas moins vrai que les plus imparfaits des animaux connus en sont aussi les plus petits : ce qui est également vrai à l'égard des végétaux.

(Lamarck distingue parmi les animaux sans vertèbres ceux qu'il qualifie d'apathiques et ceux qui sont sensibles.)

Le caractère le plus apparent des *animaux apathiques*, est de ne point offrir encore cette forme symétrique que les parties paires, dans les animaux des autres coupes, présentent presque toujours : parties paires si prononcées dans l'organisation de l'homme, quoique toutes les intérieures ne soient pas dans ce cas ; parties paires, enfin, qui sont toujours bisériales lorsqu'elles se répètent, ou seulement sur deux côtés opposés.

Ici, il n'y a jamais de parties paires dans cet ordre ; car lorsqu'on rencontre des parties semblables, elles sont rayonnantes ou disposées en rond, et non sur deux côtés opposés.

La nature tendant à la production des animaux les plus parfaits, en qui cette forme symétrique de parties paires ou bisériales est extrêmement remarquable, l'a employée dans le plus grand nombre des animaux, parce qu'elle est la plus favorable au mouvement de progression en avant. Mais elle n'a pu l'établir dans les *animaux apathiques* ; d'abord parce que la trop faible consistance de leurs parties ne le lui permit pas et laissait aux fluides expansifs de l'exté-

Digitized by Google

rieur trop d'influence sur la forme générale de ces animaux ; ensuite, parce que le mouvement progressif en avant ne leur est point nécessaire.

Les *animaux apathiques* furent très improprement appelés *zoophytes* ou *animaux rayonnés*...

(*Histoire naturelle des animaux sans vertèbres.*)

La structure des êtres vivants.

A mesure que l'on observe les faits que nous présente la nature dans ses diverses parties, il est singulier de pouvoir remarquer que les causes, même les plus simples, des faits observés sont souvent celles qui restent le plus longtemps inaperçues.

Ce n'est pas d'aujourd'hui que l'on sait que tous les organes quelconques dans les animaux sont enveloppés de *tissu cellulaire*, et que leurs moindres parties sont dans le même cas.

En effet, il est reconnu depuis longtemps que les membranes qui forment les enveloppes du cerveau, des nerfs, des vaisseaux de tout genre, des glandes, des viscères, des muscles et de leurs fibres, que la peau même des corps, sont généralement des productions du *tissu cellulaire*.

Cependant, il ne paraît pas qu'on ait vu autre chose dans cette multitude de faits concordants, que les faits eux-mêmes ; et personne, que je sache, n'a encore aperçu que le *tissu cellulaire* est la matrice générale de toute organisation, et que sans ce tissu, aucun corps vivant ne pourrait exister et n'aurait pu se former.

Ainsi, lorsque j'ai dit que le *tissu cellulaire* est la gangue dans laquelle tous les organes des corps vivants ont été successivement formés et que *le mouvement des fluides* dans ce tissu est le moyen qu'emploie la nature pour créer et développer peu à peu ces organes aux dépens de ce

Digitized by Google

même tissu, je n'ai pas craint de me voir opposer des faits qui attesteraient le contraire ; car c'est en consultant les faits eux-mêmes qu'on peut se convaincre que tout organe quelconque a été formé dans *le tissu cellulaire*, puisqu'il en est partout enveloppé, même dans ses moindres parties.

Aussi voyons-nous que, dans l'ordre naturel, soit des animaux, soit des végétaux, ceux de ces corps vivants dont l'organisation est la plus simple, et qui, conséquemment, sont placés à l'une des extrémités de l'ordre, n'offrent qu'une masse de tissu cellulaire dans laquelle on n'aperçoit encore ni vaisseaux, ni glandes, ni viscères quelconques ; tandis que ceux de ces corps qui ont l'organisation la plus composée, et qui, par cette raison, sont placés à l'autre extrémité de l'ordre, ont tous leurs organes tellement enfoncés dans le *tissu cellulaire*, que ce tissu forme généralement leurs enveloppes et constitue pour eux ce milieu commun par lequel ils communiquent et qui donne lieu à ces métastases subites, si connues de tous ceux qui s'occupent de l'art de guérir.

Comparez dans les animaux l'organisation très simple des *infusoires* et des *polypes*, qui n'offre dans ces êtres imparfaits qu'une masse gélatineuse uniquement formée de tissu cellulaire, avec l'organisation très composée des mammifères, qui présente un tissu cellulaire toujours existant, mais enveloppant une multitude d'organes divers, et vous jugerez si les considérations que j'ai publiées sur ce sujet important sont les résultats d'un système imaginaire.

Comparez de même dans les végétaux l'organisation très simple des algues et des champignons avec l'organisation plus composée d'un grand arbre ou de tel autre végétal dicotylédon quelconque, et vous déciderez si le plan général de la nature n'est pas partout le même, malgré les variations infinies que ces opérations particulières vous présentent.

Effectivement, dans les algues inondées, telles que les

Digitized by Google

nombreux *fucus* qui constituent une grande famille composée de différents genres, et telles encore que les *ulva*, les *conferva*, etc., le tissu cellulaire à peine modifié se montre de manière à prouver que c'est lui seul qui forme toute la substance de ces végétaux, en sorte que dans plusieurs de ces algues, les fluides intérieurs, par leurs mouvements dans ce tissu, n'y ont encore ébauché aucun organe quelconque, et dans les autres, ils n'y ont frayé que quelques canaux rares qui vont alimenter ces corpuscules reproductifs que les botanistes prennent pour des graines, parce que souvent ils les trouvent enveloppés plusieurs ensemble dans une vésicule capsulaire, comme le sont aussi les germes de beaucoup de sertulaires connues.

On peut donc se convaincre par l'observation que, dans les animaux les plus imparfaits, tels que les *infusoires* et les *polypes*, dans les végétaux les moins parfaits, tels que les *algues* et les *champignons*, tantôt il n'existe aucune trace de vaisseaux quelconques et tantôt il ne se trouve que des canaux rares simplement ébauchés ; enfin on peut reconnaître que l'organisation très simple de ces corps vivants n'offre qu'un tissu cellulaire dans lequel les fluides qui le vivifient se meuvent avec lenteur et que ces corps dépourvus d'organes spéciaux ne se développent, ne s'accroissent et ne se multiplient ou ne se régénèrent que par une faculté d'*extension* et de *séparation* de parties reproductives qu'ils possèdent dans un degré très éminent.

(*Philosophie zoologique.*)

Théorie des causes actuelles.

Les naturalistes qui n'ont pas aperçu les changements qu'à la suite des temps la plupart des animaux sont dans le cas de subir, voulant expliquer les faits relatifs aux fossiles observés ainsi qu'aux bouleversements reconnus

Digitized by Google

dans différents points de la surface du globe, ont supposé qu'une *catastrophe universelle* avait eu lieu à l'égard du globe de la terre ; qu'elle avait tout déplacé, et avait détruit une grande partie des espèces qui existaient alors.

Il est dommage que ce moyen commode de se tirer d'embarras, lorsqu'on veut expliquer les opérations de la nature dont on n'a pu saisir les causes, n'ait de fondement que dans l'imagination qui l'a créée, et ne puisse être appuyée sur aucune preuve.

Des *catastrophes locales*, telles que celles que produisent des tremblements de terre, des volcans et d'autres causes particulières, sont assez connues et l'on a pu observer les désordres qu'elles occasionnent dans les lieux qui en ont supporté.

Mais pourquoi supposer, sans preuves, une *catastrophe universelle*, lorsque la marche de la nature, mieux connue, suffit pour rendre raison de tous les faits que nous observons dans toutes ses parties ?

Si l'on considère, d'une part, que dans tout ce que la nature opère, elle ne fait rien brusquement, et que partout elle agit avec lenteur et par degrés successifs, et de l'autre part, que les causes particulières ou locales des désordres, des bouleversements, des déplacements, etc., peuvent rendre raison de tout ce que l'on observe à la surface de notre globe, et sont néanmoins assujettis à ses lois et à sa marche générale, on reconnaîtra qu'il n'est nullement nécessaire de supposer qu'une catastrophe universelle est venue tout culbuter et détruire une grande partie des opérations mêmes de la nature.

(*Philosophie zoologique*. 1re partie, chap. III.)

Variabilité des espèces.

Quantité de faits nous apprennent qu'à mesure que les

Digitized by Google

individus d'une de nos espèces changent de situation, de climat, de manière d'être ou d'habitude, ils en reçoivent des influences qui changent peu à peu la consistance et les proportions de leurs parties, leurs formes, leurs facultés, leur organisation même, en sorte que tout en eux participe avec le temps aux mutations qu'ils ont éprouvées.

Dans le même climat, des situations, des expositions très différentes, font d'abord simplement varier les individus qui s'y trouvent exposés; mais, par la suite des temps, la continuelle différence des situations des individus dont je parle, qui vivent et se reproduisent successivement dans les anciennes circonstances, amène en eux des différences qui deviennent, en quelque sorte, essentielles à leur être : de manière qu'à la suite de beaucoup de générations qui se sont succédées les unes aux autres, ces individus qui appartenaient originairement à une autre *espèce*, se trouvent à la fin transformés en une *espèce* nouvelle, distincte de l'autre.

Par exemple, que les graines d'une graminée, ou de toute autre plante naturelle à une prairie humide, soient transportées, par une circonstance quelconque, d'abord sur le penchant d'une colline voisine, où le sol, quoique plus élevé, sera encore assez frais pour permettre à la plante de conserver son existence, et qu'ensuite après y avoir vécu et s'y être bien des fois régénérée, elle atteigne, de proche en proche, le sol sec et presque aride d'une côte montagneuse, si la plante réussit à y subsister et à s'y perpétuer pendant une suite de générations, elle sera alors tellement changée que les botanistes qui l'y rencontreront en constitueront une espèce particulière.

La même chose arrive aux animaux que des circonstances ont forcé de changer de climat, de manière de vivre et d'habitudes ; mais, pour ceux-ci, les influences des causes que je viens de citer exigent plus de temps encore qu'à l'égard des plantes, pour opérer des changements notables sur les individus.

Digitized by Google

. . . . . .

Ainsi, parmi les corps vivants, la nature, comme je l'ai déjà dit, ne nous offre d'une manière absolue que des individus qui se succèdent les uns aux autres par la génération et qui proviennent les uns des autres ; mais les *espèces* parmi eux n'ont qu'une existence relative et ne sont invariables que temporairement.

Néanmoins, pour faciliter l'étude et la connaissance de tant de corps différents, il est utile de donner le nom d'*espèce* à toute collection d'individus semblables, que la génération perpétue dans le même état, tant que les circonstances de leur situation ne changent pas assez pour faire varier leurs habitudes, leur caractère et leur forme.

. . . . . .

De grands changements dans les circonstances amènent pour les animaux de grands changements dans leurs besoins, et de pareils changements dans les besoins en amènent nécessairement dans les actions. Or, si les nouveaux besoins deviennent constants ou très durables, les animaux prennent alors de nouvelles habitudes qui sont aussi durables que les besoins qui les ont fait naître. Voici ce qu'il est facile de démontrer et même ce qui n'exige aucune explication pour être senti...

Or, si de nouvelles circonstances devenues permanentes pour une race d'animaux, ont donné lieu à de nouvelles *habitudes*, c'est-à-dire les ont porté à de nouvelles actions qui sont devenues habituelles, il en sera résulté l'emploi de telle partie par préférence à celui de telle autre, et dans certains cas, le défaut d'emploi de telle partie qui est devenue inutile.

Rien de tout cela ne saurait être considéré comme hypothèse ou comme opinion particulière ; ce sont au contraire des vérités qui n'exigent, pour être rendues évidentes, que de l'attention et l'observation des faits.

Nous verrons tout à l'heure, par des citations de faits

Digitized by Google

connus qui l'attestent, d'une part, que de nouveaux besoins ayant rendu telle partie nécessaire, ont réellement, par une suite d'efforts, fait naître cette partie, et qu'ensuite son emploi soutenu l'a peu à peu fortifiée, et a fini par l'agrandir considérablement ; d'une autre part, nous verrons que, dans certains cas, les nouvelles circonstances et les nouveaux besoins ayant rendu telle partie tout à fait inutile, le défaut total d'emploi de cette partie a été cause qu'elle a cessé graduellement de recevoir les développements que les autres parties de l'animal obtiennent ; qu'elle s'est amaigrie, atténuée peu à peu, et qu'enfin lorsque ce défaut d'emploi a été total pendant beaucoup de temps, la partie dont il est question a fini par disparaître.

(*Philosophie zoologique*. Chap. III et VII.)

Digitized by Google

RENÉ-JUST HAUY

La structure des cristaux.

L'aspect seul de ces polyèdres (les cristaux), sur lesquels il semble qu'une main exacte ait porté la règle et le compas, pour en fixer les dimensions, indique un objet susceptible d'être soumis aux méthodes rigoureuses des Sciences mathématiques : mais il fallait trouver dans l'objet même des données suffisantes pour exclure toute supposition arbitraire, et pour conduire à des solutions qui représentassent les vrais résultats du travail de la Nature.

Une observation que je fis sur le spath calcaire en prisme à six pans, terminé par deux faces exagones, me suggéra l'idée fondamentale de toute la théorie dont il s'agit. J'avais remarqué qu'un crystal de cette variété, qui s'était détaché par hazard d'un groupe, se trouvait cassé obliquement, de manière que la fracture présentait une coupe nette, et qui avait ce brillant auquel on reconnait le poli de la Nature. J'essayai si je ne pourrois point faire, dans ce même prisme, des coupes dirigées selon d'autres sens ; et après différentes tentatives, je parvins à obtenir de chaque côté du prisme trois sections obliques : et par de nouvelles coupes parallèles aux premières, je détachai un rhomboïde parfaitement semblable au spath d'Islande, et qui occupait le milieu du prisme. Frappé de cette observation, je pris d'autres spaths calcaires, tel que celui qui forme un rhomboïde très obtus, celui dont la surface est formée de douze plans pentagones ; et j'y trouvai le même noyau rhomboïdal que m'avait offert le prisme dont j'ai parlé plus haut.

Des épreuves semblables, faites sur des crystaux de plusieurs autres genres, assez tendres pour être divisés nettement, me donnèrent des noyaux qui avaient d'autres formes,

Digitized by Google

mais dont chacune était invariable dans le même genre de crystal. Je crus alors être fondé, d'après les tentatives faites sur les crystaux mentionnés, et d'après des raisons d'analogie pour les crystaux que leur dureté ne permettait pas de diviser, à établir ce principe général, que toute variété d'un même crystal renfermoit, comme noyau, un crystal qui avait la forme primitive et originaire de son genre.

(*Essai d'une théorie de la structure des crystaux.* Introduction.)

Les pierres précieuses.

Les changements... dans la classification minéralogique des pierres précieuses n'ont pu avoir aucune influence sur la distribution adoptée depuis longtemps par les artistes qui les taillent et par les amateurs qui en font des collections, parce que le rang que chacune d'elles y occupe dépend principalement des qualités qui flattent l'œil, telle que la couleur, la transparence et la vivacité de l'éclat. De ces trois qualités, la couleur étant celle qui se présente la première à cet organe, et qui fait le plus d'impression sur lui, a servi comme de ralliement pour rapprocher dans une même division des variétés choisies parmi celles qui appartiennent à différentes espèces minérales. Ainsi, on a appliqué le nom de *Rubis* à divers corps de couleur rouge que la méthode minéralogique range les uns dans l'espèce du Corindon, d'autres dans celle du Spinelle, et d'autres dans celle de la Topaze. La couleur verte a été prise pour indice des corps qui devaient porter le nom d'*Emeraude*... Le bleu a fait le Saphir, le violet l'Améthyste, le jaune la Topaze, etc.

. . . . . .

Il est un autre caractère, pris parmi ceux que l'on nomme *caractères physiques*, auquel les artistes et les amateurs attachent une grande importance ; c'est celui qui se tire de

Digitized by Google

la dureté, dont le lapidaire estime à peu près le degré par le plus ou moins de résistance que la pierre oppose au frottement de la roue qu'il met en mouvement pour y faire naître des facettes et les disposer à recevoir le poli.

. . . . . .

(J'ai eu) l'idée de choisir les caractères physiques susceptibles d'être observés dans les pierres précieuses taillées, parmi ceux qui sont indiqués dans les traités de Minéralogie pour les espèces auxquelles appartiennent ces pierres ; d'y joindre mes propres observations et de présenter le tout sous la forme d'une méthode applicable à la détermination des pierres dont il s'agit. Il m'a paru que cette méthode serait utile aux artistes qui taillent ces pierres et à ceux qui en font le commerce, pour vérifier les indications du coup d'œil.

Mais c'est surtout pour ceux qui forment des collections de ces pierres, que mon travail est destiné. On peut dire que parmi les objets qui font partie de ce que nous regardons comme nos richesses, ce sont les seuls sur lesquels la plupart de ceux qui les possèdent n'aient aucunes connaissances positives. L'idée que ce qui leur a été présenté comme Rubis oriental est réellement une de ces pierres si recherchées, qui tiennent le premier rang après le Diamant, est pour eux le sujet d'une satisfaction dont ils ne jouissent que sur parole. J'ai pensé qu'ils seraient jaloux de pouvoir s'assurer, par des épreuves décisives, de l'authenticité d'un objet auquel ils auraient mis un prix proportionné à l'estime qu'ils y attachent, et de juger si le nom sous lequel ils l'ont acquis est conforme à celui que leur dicteront ses caractères.

D'ailleurs, les épreuves dont il s'agit sont liées à des expériences faites par elles-mêmes pour intéresser. L'opération de la pesanteur spécifique fournit un moyen très ingénieux de comparer les poids de divers corps, à égalité de volume, avec celui d'un pareil volume d'eau. La double

Digitized by Google

réfraction, l'un des phénomènes les plus curieux, parmi ceux qui ont rapport à la théorie de la lumière, n'appartient jusqu'ici qu'aux êtres du règne minéral, et c'est le travail du lapidaire qui la rend susceptible d'être facilement observée dans les pierres précieuses. C'est encore uniquement dans le même règne que se trouvent les crystaux qui acquièrent des pôles électriques par l'action de la chaleur. On connaît parmi eux deux espèces de pierres précieuses, la Tourmaline et la Topaze, distinguées, l'une par l'énergie, et l'autre par la durée de sa vertu, après le refroidissement. Plusieurs des mêmes pierres sont remarquables par la faculté de conserver très longtemps l'électricité acquise à l'aide du simple frottement. Enfin, le magnétisme joue à l'égard des pierres précieuses un rôle particulier, dans l'expérience où l'aiguille soustraite à l'action du globe terrestre, par l'intervention d'un barreau aimanté, cède à l'attraction presque infiniment petite du fer oxidé qui colore diverses pierres précieuses. Après s'être borné pendant longtemps à jouir du plaisir de voir ces belles pierres avec les yeux de l'amateur, on ne peut qu'être agréablement surpris d'éprouver combien elles gagnent encore à être regardées avec les yeux du physicien.

(*Traité des caractères physiques des pierres précieuses pour servir à leur détermination lorsqu'elles ont été taillées.* Introduction.)

Digitized by Google

ALEXANDRE DE HUMBOLDT

La lumière zodiacale en Amérique.

Pendant mon séjour dans les vallées de Tuy et d'Aragua, la lumière zodiacale parut presque toutes les nuits dans un éclat extraordinaire. Je l'avais aperçue, la première fois, sous les tropiques, à Caracas, le 18 janvier 1800, après sept heures du soir; la pointe de la pyramide se trouvait à 53° de hauteur. La clarté disparut complètement à 9 h. 35′ (temps vrai), presque 3 h. 50′ après le coucher du soleil, sans que la sérénité du ciel eût diminué. La Caille, dans son voyage à Rio-Janeiro et au Cap, avait déjà été frappé de la beauté du spectacle qu'offre la lumière zodiacale entre les tropiques, non autant par sa position moins inclinée qu'à cause de la grande pureté de l'air. On pourrait même trouver étrange que longtemps avant Childrey et Dominique Cassini, les voyageurs qui fréquentent les mers des deux Indes, n'eussent pas fixé l'attention des savants de l'Europe sur cette clarté d'une forme et d'une marche déterminées, si l'on ne savait combien, jusqu'au milieu du XVIII^e^ siècle, ils s'intéressaient peu à tout ce qui n'a pas immédiatement rapport à la marche du vaisseau et aux besoins du pilotage.

Quelque brillante que fût la lumière zodiacale dans la vallée sèche du Tuy, je l'ai vue beaucoup plus belle encore sur le dos des Cordillères du Mexique, aux bords du lac de Tezcuco, à 1.160 toises de hauteur au-dessus du niveau de la mer Au mois de juillet 1804, la clarté montait quelquefois au-delà de 60° au-dessus de l'horizon. La Voie lactée semblait pâlir près de l'éclat de la lumière zodiacale; et si de petits nuages bleuâtres et épars avaient été accumulés du côté du couchant, on aurait dit la lune qui allait se lever.

Digitized by Google

Le 18 janvier et le 15 février 1800, l'intensité de la lumière zodiacale changeait d'une manière très sensible, à des intervalles de deux en deux minutes. Tantôt elle était très faible, tantôt elle surpassait l'éclat de la Voie lactée dans le Sagittaire. Les changements avaient lieu dans toutes les pyramides, surtout vers l'intérieur, loin des bords. Les étoiles de quatrième et de cinquième grandeur paraissaient à la vue simple, constamment avec la même intensité de lumière ; aucune traînée de vapeur n'était visible ; rien ne semblait altérer la pureté de l'atmosphère. En d'autres années, dans l'hémisphère austral, j'ai vu augmenter la lumière, une demi-heure avant sa disparition. Dominique Cassini admettait « des affaiblissements de la lumière zodiacale dans certaines années, et des retours vers la première clarté. » Il croyait que ces changements lents tenaient « aux mêmes émanations qui rendent périodiques l'apparition des taches et des facules sur le disque solaire » ; mais cet excellent observateur ne parle pas de ces changements d'intensité de la lumière zodiacale que j'ai plusieurs fois remarqués entre les Tropiques, dans l'espace de quelques minutes. Mairan assure qu'en France, il est assez commun, dans les mois de février et de mars, de voir la clarté zodiacale se mêler à une espèce d'aurore boréale qu'il appelle indécise, et dont la lumière nébuleuse, ou se répand autour de l'horizon ou se montre vers le couchant. Je doute que, dans les observations que je viens de rapporter, il y ait du mélange de ces deux genres de clarté. Les changements d'intensité eurent lieu à de grandes hauteurs ; la lumière était blanche et non colorée, tranquille et non ondoyante. D'ailleurs le phénomène d'aurore boréale est si rarement visible entre les tropiques, que, pendant cinq ans, quoique couché en plein air et fixant l'attention la plus soutenue sur la voûte céleste, je n'en ai jamais vu la moindre trace.

(*Voyage de Humboldt et de Bomplan.* Relation historique, T. II.)

Digitized by Google

ALEXANDRE DE HUMBOLDT

Digitized by Google

Digitized by Google

Averse d'étoiles filantes.

Tout porte à croire que les étoiles filantes, les bolides et les pierres météoriques sont de petits corps qui se meuvent autour du soleil en décrivant des sections coniques et en obéissant de tous points, comme les planètes, aux lois générales de la gravitation. Quand ces corps arrivent à rencontrer la terre, ils deviennent lumineux aux limites de notre atmosphère, et souvent alors ils se divisent en fragments, recouverts d'une couche noirâtre et brillante, qui tombent dans un état de caléfaction plus ou moins marqué.

Je suis revenu des zones équinoxiales sous cette impression que, dans les plaines ardentes des tropiques, comme à 5 ou 6 mille mètres au-dessus du niveau de la mer, les étoiles filantes sont plus fréquentes, plus richement colorées que dans les zones froides ou tempérées; mais c'est dans la pureté et l'admirable transparence de l'atmosphère de ces contrées qu'il faut en chercher la cause; là, notre regard pénètre plus facilement dans les couches d'air qui nous entourent. C'est aussi à la pureté du ciel de Bokhara (Asie) que sir Alexandre Burnes attribue le magnifique spectacle, sans cesse renaissant, des étoiles filantes à couleurs variées qu'il put y admirer.

Les étoiles filantes tombent tantôt rares et isolées, c'est-à-dire *sporadiques*, tantôt en essaim et par milliers. Ces dernières apparitions, que les écrivains arabes ont comparées à des nuées de sauterelles, sont périodiques et suivent des directions généralement parallèles. Les plus célèbres sont celles du 12 au 16 novembre et celles du 10 août, jour de la fête de saint Laurent, dont les larmes brûlantes paraissent avoir été autrefois, en Angleterre, le symbole traditionnel du retour périodique de ces météores. Déjà Klœden, à Potsdam, avait signalé, dans la nuit du 12 au 13 novembre 1823, l'apparition d'une multitude d'étoiles filantes et de bolides

Digitized by Google

de toute grandeur; en 1832, on vit le même phénomène dans toute l'Europe, depuis Portsmouth jusqu'à Orenburg, sur les bords de l'Oural et même à l'Ile de France, dans l'hémisphère austral. Cependant l'idée que certains jours de l'année sont affectés à ces grands phénomènes, ne prit naissance qu'en 1833, à l'occasion de l'énorme essaim d'étoiles filantes qu'Olmsted et Palmers observèrent en Amérique, dans la nuit du 12 au 13 novembre. Alors elles tombèrent comme des flocons de neige ; en un seul endroit, pendant neuf heures d'observation, on en compta plus de 240.000. Palmers remonta à l'apparition des météores de 1799, qui fut décrite par Ellicott et par moi; il résultait du rapprochement que j'avais fait de toutes les observations de cette année, que l'observation avait été simultanée pour les lieux situés dans le nouveau continent, depuis l'Equateur jusqu'à New-Hernhut dans le Groenland (latitude 64° 14'), entre 46 et 28° de longitude. On reconnut, avec étonnement, l'identité des deux époques. Ce flux de météores, qui sillonnèrent le firmament entier du 11 au 13 novembre 1833, et qu'on aperçut depuis la Jamaïque jusqu'à Boston (latitude 41° 21') se reproduisit en 1734, dans la nuit du 13 au 14 novembre, aux États-Unis d'Amérique ; mais le phénomène eut alors une intensité un peu moindre. Depuis cette époque, sa périodicité se confirma en Europe de la manière la plus régulière.

L'apparition de saint Laurent (9-14 août), deuxième pluie d'étoiles filantes, procède tout aussi régulièrement que la première. Déjà, vers le milieu du siècle dernier, Musschenbrock avait signalé la fréquence de ces météores qui paraissent dans le mois d'août; mais Quetelet, Olbers, Benzenberg, ont prouvé les premiers la périodicité de ces apparitions et en ont fixé l'époque à la fête de saint Laurent. Sans doute, l'avenir nous réserve la découverte d'autres époques analogues, affectées pareillement aux retours périodiques de ces phénomènes ; telles sont peut-être celle du

Digitized by Google

22 au 25 avril, celle du 6 au 12 décembre, et comme suite des recherches de Capocci, les dates du 27 au 29 novembre ou du 17 juillet.

(*Cosmos*. T. I. Traduction FAYE.)

La végétation tropicale.

Quand sous les rayons perpendiculaires d'un soleil non voilé, la couverture herbacée est brûlée et réduite en poussière, le sol se durcit, s'entr'ouvre, comme s'il avait été ébranlé par de violentes secousses. Si alors des courants d'air opposés, dont la lutte s'équilibre en un mouvement de rotation, viennent à le caresser, la plaine gagne tout aussitôt un aspect bizarre. Comme des nuages infundibuliformes glissant de çà et de là sur leur pointe, le sable tourbillonnant s'élève sous forme de vapeur, à travers l'espace raréfié et chargé d'électricité, semblable à ces bruyantes trombes que redoute le nautonier. La couverture céleste, visiblement abaissée, projette alors sur la plaine un demi-jour terne, presque jaune paille, l'horizon se rapproche soudain et rétrécit la steppe en même temps que le courage du voyageur. La chaude et poudreuse terre qui flotte dans ce nébuleux cercle, voilé de vapeurs, augmente encore l'étouffante chaleur de l'atmosphère, et le vent d'est, au lieu de rafraîchissement, apporte encore la chaleur nouvelle, alors qu'il s'avance par-dessus un sol depuis longtemps échauffé. Les mares elles-mêmes, que des palmiers flabellifères d'un jaune pâle semblent protéger contre l'évaporation, disparaissent successivement. Comme dans le Nord glacial, les animaux s'engourdissent, le crocodile et le serpent boa sommeillent alors, profondément enfouis sous l'argile desséchée. Enveloppés dans ces sinistres nuages de poussière, les chevaux et les bêtes à cornes, poussés par une faim dévorante et une soif ardente, courent, celles-ci en beuglant sourdement, les

Digitized by Google

autres, le nez au vent et respirant bruyamment, dans le but de découvrir dans le courant atmosphérique un atome d'humidité qui dénonce le voisinage d'une mare non encore desséchée. Plus adroit et plus rusé, le mulet cherche d'une autre manière à étancher sa soif. Une plante globuleuse et sillonnée de nombreuses cannelures, le mélocacte (*cactus melocatus*) cache sous son épineux épiderme une moelle riche en liquide. Au moyen de son pied antérieur, le mulet brise les aiguillons qui en garnissent les fleurs, et alors seulement, il se hasarde à en approcher les lèvres avec précaution, pour en sucer la sève rafraîchissante.

Quand, après une longue sécheresse, arrive enfin la bienfaisante saison pluvieuse, la scène change toup à coup dans la steppe : l'azur si foncé du ciel jusqu'alors sans nuages devient plus clair, et un nuage isolé, montant perpendiculairement à l'horizon, se montre au sud comme une lointaine montagne. Peu à peu des vapeurs plus abondantes s'étendent sur le zénith sous forme de brumes, et le tonnerre annonce dans le lointain la pluie vivifiante. A peine la surface du sol est-elle arrosée, que la steppe parfumée se couvre déjà de Kyllingies (de la famille des cypéracées), de paspales aux nombreuses panicules, de millet et de diverses graminées. Noyées dans le flot de lumière, des mimosées herbacées déploient leurs feuilles penchées et sommeillantes, et de concert avec le gazouillement matinal des oiseaux et l'épanouissement des fleurs aquatiques, elles saluent le radieux soleil levant. Les chevaux et les bêtes à cornes paissent maintenant (autant que les jaquars et les rafales le permettent) dans toute la jouissance de la vie.

(*Voyage de Humboldt et de Bomplan.*)

Digitized by Google

GEORGES CUVIER

La méthode en paléontologie.

Antiquaire d'une nouvelle espèce, il me fallut apprendre à la fois à restaurer ces monuments des révolutions passées et à en déchiffrer le sens ; j'eus à recueillir et à rapprocher dans leur ordre primitif les fragments dont ils se composent, à reconstruire les êtres antiques auxquels ces fragments appartenaient, à les reproduire avec leurs proportions et leurs caractères, à les comparer, enfin, à ceux qui vivent aujourd'hui à la surface du globe : art presque inconnu et qui supposait une science à peine effleurée auparavant, celle des lois qui président aux coexistences des formes des diverses parties dans les êtres organisés. Je dus donc me préparer à ces recherches par des recherches bien plus longues sur les animaux existants. Une revue presque générale de la création actuelle pouvait seule donner un caractère de démonstration à mes résultats sur cette création ancienne ; mais elle devait, en même temps, me donner un grand ensemble de règles et de rapports non moins démontrés, et le règne entier des animaux ne pouvait manquer de se trouver en quelque sorte soumis à des lois nouvelles, à l'occasion de cet essai sur une petite partie de la théorie de la terre.

... Si l'on met de l'intérêt à suivre dans l'enfance de notre espèce les traces presque effacées de tant de nations éteintes, comment n'en mettrait-on pas aussi à rechercher dans les ténèbres de l'enfance de la terre les traces de révolutions antérieures à l'existence de toutes les nations ? Nous admirons la force par laquelle l'esprit humain a mesuré les mouvements des globes que la nature semblait avoir soustraits pour jamais à notre vue ; le génie et la

Digitized by Google

science ont franchi les limites de l'espace : quelques observations, développées par le raisonnement, ont dévoilé le mécanisme du monde. N'y aurait-il pas aussi quelque gloire pour l'homme à savoir franchir les limites du temps et à retrouver, au moyen de quelques observations, l'histoire de ce monde, et une succession d'événements qui ont précédé la naissance du genre humain ? Sans doute les astronomes ont marché plus vite que les naturalistes, et l'époque où se trouve aujourd'hui la théorie de la terre ressemble un peu à celle de quelques philosophes qui croyaient le ciel de pierre de taille et la lune grande comme le Péloponèse ; mais après les Anaxagoras, il est venu des Copernic et des Képler, qui ont frayé la route à Newton ; pourquoi l'histoire naturelle n'aurait-elle pas un jour son Newton ?

. . . . . .

Je dois faire marcher de front l'anatomie et la zoologie, les discussions et le classement, chercher dans mes premières remarques sur l'organisation des distributions meilleures, m'en servir pour arriver à des remarques nouvelles, employer encore ces remarques à perfectionner ces distributions, faire sortir enfin de cette fécondation mutuelle des deux sciences l'une par l'autre un système zoologique propre à servir d'introduction et de guide dans l'étude de l'anatomie, et un corps de doctrine anatomique propre à servir de développement et d'application au système zoologique.

Je n'ai pas eu la prétention ni le désir de classer les êtres de manière à en former une seule ligne ou à marquer leur supériorité réciproque... Je n'ai considéré mes divisions que comme l'expression graduée de la ressemblance des êtres qui entrent dans chacune ; et quoiqu'il y en ait où l'on observe une sorte de dégradation et de passage d'une espèce à l'autre, il s'en faut que cette disposition soit générale. L'échelle prétendue des êtres n'est qu'une appli-

Digitized by Google

cation erronée à la totalité de la création de ces observations partielles qui n'ont de justesse que dans les limites où elles sont faites.

Pour une telle classification on emploie une comparaison assidue des êtres, dirigée par le principe de la subordination des caractères, qui dérive lui-même de celui des conditions d'existence.

Les parties d'un être devant toutes avoir une convenance mutuelle, il est tels traits de conformation qui en excluent d'autres ; il en est, au contraire, qui en nécessitent ; quand on connaît donc tels ou tels traits dans un être, on peut calculer ceux qui coexistent avec ceux-là ou ceux qui leur sont incompatibles ; les parties, les propriétés ou les traits de conformation qui ont le plus grand nombre de ces rapports d'incompatibilité ou de coexistence avec d'autres ou qui exercent sur l'ensemble de l'être l'influence la plus marquée, sont ce qu'on appelle les caractères importants, les caractères *dominateurs* ; les autres sont les caractères *subordonnés*.

(*Discours sur les Révolutions du Globe.*)

Corrélation des formes.

L'anatomie comparée possède un principe... celui de la corrélation des formes dans les êtres organisés, au moyen duquel chaque sorte pourrait à la rigueur être reconnue par chaque fragment de chacune de ses parties.

Tout être organisé forme un ensemble, un système unique et clos, dont les parties se correspondent mutuellement et concourent à la même action définitive par une réaction réciproque. Aucune de ces parties ne peut changer sans que les autres ne changent aussi, et par conséquent chacune d'elles prise séparément indique et donne toutes les autres.

Puisque ces rapports sont constants, il faut bien qu'ils

Digitized by Google

aient une cause suffisante ; mais comme nous ne la connaissons pas, nous devons suppléer au défaut de la théorie par le moyen de l'observation : elle nous sert à établir des lois empiriques, qui deviennent presque aussi certaines que les lois rationnelles, quand elles reposent sur des observations assez répétées ; en sorte qu'aujourd'hui, quelqu'un qui voit seulement la piste d'un pied fourchu peut en conclure que l'animal qui a laissé cette trace ruminait ; et cette conclusion est tout aussi certaine qu'aucune autre en physique ou en morale. Cette seule piste donne à celui qui l'observe et la forme des dents, et la forme des mâchoires, et la forme des vertèbres, et la forme de tous les os des jambes, des cuisses, des épaules et du bassin de l'animal qui vient de passer. C'est une marque plus sûre que toutes celles de Zadig.

Or, en adoptant ainsi la méthode de l'observation comme un moyen supplémentaire quand la théorie nous abandonne, on arrive à des détails faits pour étonner. La moindre facette d'os, la moindre apophyse ont un caractère déterminé relatif à la classe, à l'ordre, au genre et à l'espèce auxquels elles appartiennent ; au point que toutes les fois qu'on a seulement une extrémité d'os bien conservée, on peut avec de l'application et en s'aidant avec un peu d'adresse, de l'analogie et de la comparaison effective, déterminer toutes ces choses aussi sûrement que si l'on possédait l'animal entier. J'ai fait bien des fois l'expérience de cette méthode sur des portions d'animaux connus, avant d'y mettre entièrement ma confiance pour les fossiles ; mais elle a toujours eu des succès si infaillibles que je n'ai plus aucun doute sur la certitude des résultats qu'elle m'a donnés.

(*Discours sur les Révolutions du Globe.*)

Digitized by Google

Les limites des sciences naturelles.

Placées entre les sciences mathématiques et les sciences morales, elles commencent où les phénomènes ne sont plus susceptibles d'être mesurés avec précision, ni les résultats d'être calculés avec exactitude ; elles finissent, lorsqu'il n'y a plus à considérer que les opérations de l'esprit et leur influence sur la volonté.

L'espace entre ces deux limites est aussi vaste que fertile, et appelle de toute part les travailleurs par les riches et faciles moissons qu'il promet.

Dans les sciences mathématiques, même lorsqu'elles quittent leurs abstractions pour s'occuper des phénomènes réels, un seul fait bien constaté et mesuré avec précision sert de principe et de point de départ; tout le reste est l'ouvrage du calcul : mais les bornes du calcul sont aussi celles de la science. La théorie des affections morales et de leurs ressorts s'arrête plus promptement encore devant cette continuelle et incompréhensible mobilité du cœur, qui met sans cesse toute règle et toute prévoyance en défaut, et que le génie seul, comme par une inspiration divine, sait diriger et fixer. Les sciences naturelles, qui n'ont que le second rang pour la certitude de leurs résultats, méritent donc, sans contredit, le premier par leur étendue ; et même, si les sciences mathématiques ont l'avantage d'une certitude presque indépendante de l'observation, les sciences naturelles ont en revanche celui de pouvoir étendre à tout le genre de certitude dont elles sont susceptibles.

Une fois sortis des phénomènes du choc, nous n'avons plus d'idée nette des rapports de cause et d'effet. Tout se réduit à recueillir des faits particuliers, et à chercher des propositions générales qui en embrassent le plus grand nombre possible. C'est en cela que consistent toutes les théories physiques ; et, à quelque généralité qu'on ait con-

Digitized by Google

duit chacune d'elles, il s'en faut encore beaucoup qu'elles aient été ramenées aux lois du choc, qui seules pourraient les changer en véritables explications.

Il existe cependant quelques-uns de ces principes ou de ces phénomènes élevés, déduits de l'expérience généralisée, qui, sans être eux-mêmes encore expliqués rationnellement, semblent donner une explication assez générale et assez plausible des phénomènes inférieurs, pour contenter l'esprit, tant qu'il ne cherche pas une précision rigoureuse dans les relations qu'il saisit. Telles sont surtout l'attraction et la chaleur combinées avec les figures primitives que l'on peut admettre dans les molécules des corps, et que l'on peut y considérer comme constantes et uniformes pour chaque substance.

L'attraction générale, si bien établie entre les grands corps de l'univers par les phénomènes astronomiques, paraît, en effet, régner aussi entre les particules rapprochées de matière qui composent les différentes substances terrestres ; mais, aux distances énormes où les astres sont les uns des autres, chacun d'eux peut être considéré comme si toute sa matière était concentrée en un point, tandis que, dans l'état de rapprochement des molécules des corps terrestres, leur figure influe sur leur manière d'agir et modifie puissamment le résultat total de leur attraction. De là, les particularités de l'attraction moléculaire, et la possibilité d'attribuer d'une manière générale à son action, limitée par celle de la chaleur et par quelques autres causes analogues, les phénomènes de la cohésion et ceux des affinités chimiques. Ces derniers expliquent à leur tour la formation des minéraux et toutes les altérations de l'atmosphère, les mouvements des eaux et leur composition. Les corps vivants eux-mêmes laissent apercevoir clairement, dans une multitude de leurs phénomènes, l'influence de l'affinité qu'ont entre eux, et avec les substances extérieures, les éléments qui les composent ; et beaucoup de ces phé-

Digitized by Google

nomènes n'échappent peut-être encore aux explications déduites de l'affinité, que parce qu'il nous échappe aussi plusieurs des substances qui prennent part aux mouvements multipliés de la vie.

Toujours voit-on que, dans ces cas compliqués, les principes dont nous parlons sont plus propres à reposer l'imagination qu'à donner une raison précise des phénomènes, et que même, dans les cas plus simples où nul ne peut méconnaître leur influence, on est bien éloigné encore d'en avoir réduit l'appréciation à la rigueur des lois mathématiques.

Nous sommes dans l'ignorance la plus absolue de la figure des molécules élémentaires des corps; et quand nous la connaîtrions, il serait impossible à l'analyse d'en calculer les effets dans les attractions à petites distances qui déterminent les affinités diverses de ces molécules.

Par conséquent, les seuls principes généraux qui paraissent dominer dans les sciences physiques sont aussi ce qui les rend rebelles au calcul, et ce qui les réduira longtemps à l'observation des faits et à leur classement. En d'autres mots, nos sciences naturelles ne sont que des faits rapprochés, nos théories que des formules qui en embrassent un grand nombre ; et, par une suite nécessaire, le moindre fait bien observé doit être accueilli, s'il est nouveau, puisqu'il peut modifier nos théories les mieux accréditées, puisque l'observation la plus simple peut renverser le système le plus ingénieux, et ouvrir les yeux sur une immense série de découvertes dont nous séparait le voile des formules reçues.

C'est là ce qui donne aux sciences naturelles leur caractère particulier, et ce qui, ôtant du champ qu'elles parcourent tout obstacle et toute limite, y promet des succès certains à tout observateur raisonnable qui, ne s'élevant point à des suppositions téméraires, se borne aux seules routes ouvertes à l'esprit humain dans son état actuel ;

Digitized by Google

mais c'est aussi là ce qui multiplie, comme nous l'avons dit, au delà de toute mesure, les travaux particuliers qui méritent d'entrer dans cette histoire.

Le genre de certitude qui résulte de l'observation bien faite s'applique, en effet, à tout ce qui est observable; et comme les tables astronomiques, rédigées seulement d'après les remarques longtemps continuées des astronomes, constitueraient déjà une science très-importante, quand même Newton n'aurait pas créé l'astronomie physique, nous avons aussi sur tous les objets naturels, depuis la simple agrégation des molécules d'un sel jusqu'aux mouvements les plus compliqués des animaux, jusqu'à leurs sensations les plus délicates, des espèces de tables moins précises à la vérité, et dont surtout les principes rationnels sont encore loin d'être découverts, mais dont la partie empirique, ou purement expérimentale, ne s'en perfectionne et ne s'en étend pas moins chaque jour.

(*Rapport historique sur les progrès des sciences naturelles.*)

Les alluvions.

Les eaux qui tombent sur les crêtes et les sommets des montagnes, ou les vapeurs qui s'y condensent, ou les neiges qui s'y liquéfient, descendent par une infinité de filets le long de leurs pentes; elles en enlèvent quelques parcelles, et y tracent par leur passage des sillons légers. Bientôt ces filets se réunissent dans les creux plus marqués dont la surface des montagnes est labourée; ils s'écoulent par les vallées profondes qui en entament le pied, et vont former ainsi les rivières et les fleuves qui reportent à la mer les eaux que la mer avait données à l'atmosphère. A la fonte des neiges, ou lorsqu'il survient un orage, le volume de ces eaux des montagnes subitement augmenté se précipite avec une vitesse proportionnée aux pentes; elles vont

Digitized by Google

heurter avec violence le pied de ces croupes de débris qui couvrent les flancs de toutes les hautes vallées ; elles entraînent avec elles les fragments déjà arrondis qui les composent; elles les émoussent, les polissent encore par le frottement ; mais, à mesure qu'elles arrivent à des vallées plus unies où leur chute diminue, ou dans des bassins plus larges où il leur est permis de s'épandre, elles jettent sur la plage les plus grosses de ces pierres qu'elles roulaient ; les débris plus petits sont déposés plus bas, et il n'arrive guère au grand canal de la rivière que les parcelles les plus menues, ou le limon le plus imperceptible. Souvent même le cours de ces eaux, avant de former le grand fleuve inférieur, est obligé de traverser un lac vaste et profond, où leur limon se dépose, et d'où elles ressortent limpides. Mais les fleuves inférieurs et tous les ruisseaux qui naissent des montagnes plus basses, ou des collines, produisent aussi dans les terrains qu'ils parcourent, des effets plus ou moins analogues à ceux des torrents des hautes montagnes. Lorsqu'ils sont gonflés par de grandes pluies, ils attaquent le pied des collines terreuses ou sableuses qu'ils rencontrent dans leur cours, et en portent les débris sur les terrains bas qu'ils inondent, et que chaque inondation élève d'une quantité quelconque : enfin, lorsque les fleuves arrivent aux grands lacs ou à la mer, et que cette rapidité qui entraînait les parcelles de limon vient à cesser tout à fait, ces parcelles se déposent aux côtés de l'embouchure; elles finissent par y former des terrains qui prolongent la côte ; et, si cette côte est telle que la mer y jette de son côté du sable, et contribue à cet accroissement, il se crée ainsi des provinces, des royaumes entiers, ordinairement les plus fertiles, et bientôt les plus riches du monde, si les gouvernements laissent l'industrie s'y exercer en paix.

Les effets que la mer produit sans le concours des fleuves sont beaucoup moins heureux. Lorsque la côte est basse et le fond sablonneux, les vagues poussent ce sable vers le

Digitized by Google

bord ; à chaque reflux il s'en dessèche un peu, et le vent qui souffle presque toujours de la mer en jette sur la plage. Ainsi se forment les dunes, ces monticules sablonneux qui, si l'industrie de l'homme ne parvient à les fixer par des végétaux convenables, marchent lentement, mais invariablement, vers l'intérieur des terres, et y couvrent les champs et les habitations, parce que le même vent qui élève le sable du rivage sur la dune jette celui du sommet de la dune à son revers opposé à la mer : que si la nature du sable et celle de l'eau qui s'élève avec lui sont telles qu'il puisse s'en former un ciment durable, les coquilles, les os jetés sur le rivage en seront incrustés ; les bois, les troncs d'arbres, les plantes qui croissent près de la mer seront saisis dans ces agrégats ; et ainsi naîtront ce que l'on pourra appeler des dunes durcies, comme on en voit sur les côtes de la Nouvelle-Hollande. On peut en prendre une idée nette dans la description qu'en a laissée feu Péron.

Quand, au contraire, la côte est élevée, la mer, qui n'y peut rien rejeter, y exerce une action destructive : ses vagues en rongent le pied et en escarpent toute la hauteur en falaise, parce que les parties plus hautes se trouvant sans appui tombent sans cesse dans l'eau : elles y sont agitées dans les flots jusqu'à ce que les parcelles les plus molles et les plus déliées disparaissent. Les portions plus dures, à force d'être roulées en sens contraire par les vagues, forment ces galets arrondis, ou cette grève qui finit par s'accumuler assez pour servir de rempart au pied de la falaise.

Telle est l'action des eaux sur la terre ferme ; et l'on voit qu'elle ne consiste presque qu'en nivellements, et en nivellements qui ne sont pas indéfinis. Les débris des grandes crêtes charriés dans les vallons ; leurs particules, celles des collines et des plaines, portées jusqu'à la mer ; des alluvions étendant les côtes aux dépens des hauteurs, sont des effets bornés auxquels la végétation met en général un terme, qui supposent d'ailleurs la préexistence des mon-

Digitized by Google

tagnes, celle des vallées, celle des plaines, en un mot, toutes les inégalités du globe, et qui ne peuvent par conséquent avoir donné naissance à ces inégalités. Les dunes sont un phénomène plus limité encore, et pour la hauteur et pour l'étendue horizontale; elles n'ont point de rapport avec ces énormes masses dont la géologie cherche l'origine.

(*Discours sur les Révolutions du Globe.*)

La subordination des caractères.

Tout être organisé forme un ensemble, un système unique et clos, dont les parties se correspondent mutuellement, et concourent à la même action définitive, par une réaction réciproque. Aucune de ces parties ne peut changer sans que les autres changent aussi, et par conséquent chacune d'elles, prise séparément, indique et donne toutes les autres: ainsi, si les intestins d'un animal sont organisés de manière à ne digérer que de la chair et de la chair récente, il faut aussi que ses mâchoires soient construites pour dévorer une proie; ses griffes, pour la saisir et la déchirer; ses dents, pour la couper et la diviser; le système entier de ses organes du mouvement, pour la poursuivre et pour l'atteindre; ses organes des sens, pour l'apercevoir de loin; il faut même que la nature ait placé dans son cerveau l'instinct nécessaire pour savoir se cacher et tendre des pièges à ses victimes. Telles seront les conditions générales du régime carnivore : tout animal destiné à ce régime les réunira infailliblement, car sa race n'aurait pu subsister sans elles; mais sous ces conditions générales, il en existe de particulières, relatives à la grandeur, à l'espèce, au séjour de la proie pour laquelle l'animal est disposé; et de chacune de ces conditions particulières résultent des modifications de détail dans les formes qui dérivent des conditions générales:

Digitized by Google

ainsi non seulement la classe, mais l'ordre, mais le genre, et jusqu'à l'espèce, se trouvent exprimés dans la forme de chaque partie. En effet, pour que la mâchoire puisse saisir, il lui faut une certaine forme de condyle, un certain rapport entre la position de la résistance et celle de la puissance avec le point d'appui, un certain volume dans le muscle crotaphite, qui exige une certaine étendue dans la fosse qui le reçoit, et une certaine convexité de l'arcade zygomatique, sous laquelle il passe; cette arcade zygomatique doit aussi avoir une certaine force pour donner appui au muscle masseter. Pour que l'animal puisse emporter sa proie, il lui faut une certaine vigueur dans les muscles qui soulèvent sa tête, d'où résulte une forme déterminée dans les vertèbres, où ces muscles ont leurs attaches, et dans l'occiput, où ils s'insèrent. Pour que les dents puissent couper la chair, il faut qu'elles soient tranchantes et qu'elles le soient plus ou moins, selon qu'elles auront plus ou moins exclusivement de la chair à couper. Leur base devra être d'autant plus solide qu'elles auront plus d'os et de plus gros os à briser. Toutes ces circonstances influeront aussi sur le développement de toutes les parties qui servent à mouvoir la mâchoire. Pour que les griffes puissent saisir cette proie, il faudra une certaine mobilité dans les doigts, une certaine force dans les ongles, d'où résulteront des formes déterminées dans toutes les phalanges et des distributions nécessaires de muscles et tendons; il faudra que l'avant-bras ait une certaine facilité à se tourner, d'où résulteront encore des formes déterminées dans les os qui les composent. Mais les os de l'avant-bras, s'articulant sur l'humérus, ne peuvent changer de forme sans entraîner des changements dans celui-ci. Les os de l'épaule devront avoir un certain degré de fermeté dans les animaux qui emploient leurs bras pour saisir, et il en résultera encore pour eux des formes particulières : le jeu de toutes ces parties exigera dans tous leurs muscles de certaines proportions, et les

Digitized by Google

impressions de ces muscles ainsi proportionnés détermineront encore plus particulièrement les formes des os... En un mot, la forme de la dent entraîne la forme du condyle, celle de l'omoplate, celle des ongles, tout comme l'équation d'une courbe entraîne toutes ses propriétés; et de même qu'en prenant chaque propriété séparément pour base d'une équation particulière, on retrouverait et l'équation ordinaire et toutes les autres propriétés quelconques; de même l'ongle, l'omoplate, le condyle, le fémur et tous les autres os pris chacun séparément, donnent la dent ou se donnent réciproquement; et, en commençant par chacun d'eux, celui qui posséderait rationnellement les lois de l'économie organique pourrait refaire tout l'animal.

(*Anatomie comparée.*)

Les animaux fossiles.

Nous voici arrivés à ceux de tous les reptiles et peut-être de tous les animaux fossiles, qui ressemblent le moins à ce que l'on connaît, et qui sont le plus faits pour surprendre le naturaliste par des combinaisons de structure qui, sans aucun doute, paraîtront incroyables à quiconque ne serait pas à portée de les observer par lui-même, ou à qui il pourrait rester la moindre suspicion sur les authenticités.

Dans le premier genre, un museau de dauphin, des dents de crocodile, une tête et un sternum de lézard, des pattes de cétacé, mais au nombre de quatre, enfin des vertèbres de poisson.

Dans le second, avec ces mêmes pattes de cétacé, une tête de lézard et un long cou semblable au corps d'un serpent ; voilà ce que le plésiosaurus et l'ichthyosaurus sont venus nous offrir, après avoir été ensevelis pendant tant de milliers d'années sous d'énormes amas de pierres et de marbres ; car c'est aux anciennes couches secondaires

Digitized by Google

qu'ils appartiennent. On n'en trouve que dans ces bancs de pierre marneuse ou de marbre grisâtre remplis de pyrites et d'ammonites, ou dans les oolithes, tous terrains de même ordre que notre chaîne du Jura. C'est en Angleterre surtout que leurs débris paraissent abondants; aussi est-ce surtout au zèle des naturalistes anglais que la connaissance en est due. Ils n'ont rien épargné pour en recueillir beaucoup de débris et pour en reconstituer l'ensemble autant que l'état de ces débris le permet...

L'ichthyosaure était un reptile à queue médiocre et à long museau pointu, armé de dents aiguës ; deux yeux d'une grosseur énorme devaient donner à la tête un aspect tout à fait extraordinaire et lui faciliter la vision pendant la nuit. Il n'avait probablement aucune oreille extérieure, et la peau passait sur le tympan comme dans le caméléon, la salamandre et le pipa sans même s'y amincir.

Il recevait l'air en nature et non pas l'eau comme les poissons; aussi il devait revenir souvent sur la surface de l'eau. Néanmoins ses membres courts, plats, non divisés, ne lui permettaient que de nager. Il y a grande apparence qu'il ne pouvait pas même ramper sur le rivage autant que les phoques, mais que, s'il avait le malheur d'y échouer, il y demeurait immobile comme les baleines et les dauphins. Il vivait dans une mer où habitaient avec lui les mollusques qui nous ont laissé les cornes d'Ammon, et qui, selon toutes les apparences, étaient des espèces de sèches ou de poulpes qui portaient dans leur intérieur (comme aujourd'hui le *Nautilus spirula*) ces coquilles spirales et si singulièrement chambrées ; des térébratules, diverses espèces d'huitres abondaient aussi dans cette mer et plusieurs sortes de crocodiles en fréquentaient les rivages, si même ils ne l'habitaient conjointement avec les ichthyosaures.

. . . . . .

En 1799, un pêcheur tongouse remarqua, sur les bords de la mer glaciale, près de l'embouchure de la Léna, au

Digitized by Google

milieu des glaçons, un bloc informe qu'il ne put reconnaître. L'année d'après il s'aperçut que cette masse était un peu plus dégagée ; mais il ne devinait pas encore ce que cela pouvait être. Vers la fin de l'été suivant, le flanc tout entier de l'animal et une de ses défenses étaient distinctement sortis des glaçons. Ce ne fut que la cinquième année que, les glaces ayant fondu plus vite que de coutume, cette masse énorme vint échouer à la côte sur un banc de sable. Au mois de mars 1804, le pêcheur enleva les défenses dont il se défit pour une valeur de cinquante roubles. On exécuta à cette occasion un dessin grossier de l'animal. Ce ne fut que deux ans après et la septième année de la découverte, que M. Adams, adjoint de l'Académie de Pétersbourg, et depuis professeur à Moscou, qui voyageait avec le comte Golowskin, envoyé par la Russie en ambassade à la Chine, ayant été informé à Jakutsk de cette découverte, se rendit sur les lieux. Il y trouva l'animal déjà fort mutilé. Les Jakoutes du voisinage en avaient dépecé les chairs pour nourrir leurs chiens, des bêtes féroces en avaient aussi mangé ; cependant le squelette se trouvait encore entier, à l'exception d'un pied de devant. L'épine du dos, une omoplate, le bassin et les restes des trois extrémités étaient encore réunis par les ligaments et par une portion de la peau. L'omoplate manquante se retrouva à quelque distance. La peau était recouverte d'une peau sèche, une des oreilles bien conservée était garnie d'une touffe de crin. On distinguait encore la prunelle de l'œil ; le cerveau se trouvait dans le crâne, mais desséché ; la lèvre inférieure avait été rongée et la lèvre supérieure détruite laissait voir les mâchelières. Le cou était garni d'une longue crinière ; la peau était couverte de crins noirs et d'un poil ou laine rougeâtre. Ce qui en restait était si lourd que dix personnes eurent beaucoup de peine à le transporter. On retira, selon M. Adams, plus de trente livres pesant de poils et de crins que les ours blancs avaient enfoncé dans le sol humide en

Digitized by Google

dévorant les chairs. L'animal était mâle ; ses défenses étaient longues de plus de neuf pieds en suivant les courbures et sa tête sans les défenses pesait plus de quatre cents livres. M. Adams mit le plus grand soin à recueillir ce qui restait de cet échantillon unique d'une ancienne création. Il racheta ensuite les défenses à Jakutsk. L'empereur de Russie, qui a acquis de lui ce précieux monument moyennant la somme de 8.000 roubles, l'a fait déposer à l'Académie de Pétersbourg.

(*Recherches sur les ossements fossiles.*)

Les espèces perdues.

Pourquoi les races actuelles, me dira-t-on, ne seraient-elles pas des modifications de ces races anciennes que l'on trouve parmi les fossiles, modifications qui auraient été produites par des circonstances locales et le changement de climat, et portées à cette extrême différence par la longue succession des années ?

Cette objection doit surtout paraître forte à ceux qui croient à la possibilité indéfinie de l'altération des formes dans les corps organisés, et qui pensent qu'avec des siècles et des habitudes toutes les espèces pourraient se changer les unes dans les autres ou résulter d'une seule d'entre elles.

Cependant, on peut leur répondre, dans leur propre système, que si les espèces ont changé par degrés, on devrait trouver des traces de ces modifications graduelles ; qu'entre le paléothérium et les espèces d'aujourd'hui l'on devrait découvrir quelques formes intermédiaires, et que jusqu'à présent cela n'est point arrivé.

Pourquoi les entrailles de la terre n'ont-elles pas conservé les monuments d'une généalogie si curieuse, si ce n'est parce que les espèces d'autrefois étaient aussi constantes

Digitized by Google

que les nôtres, ou du moins parce que la catastrophe qui les a détruites ne leur a pas laissé le temps de se livrer à leurs variations.

Quant aux naturalistes qui reconnaissent que les variétés sont restreintes dans certaines limites fixées par la nature, il faut pour leur répondre examiner jusqu'où s'étendent ces limites, recherche curieuse, fort intéressante en elle-même sous une infinité de rapports, et dont on s'est cependant bien peu occupé jusqu'ici.

Cette recherche suppose la définition de l'espèce qui sert de base à l'usage que l'on a fait de ce mot, savoir que l'espèce comprend *les individus qui descendent les uns des autres, ou de parents communs, et ceux qui leur ressemblent autant qu'ils se ressemblent entre eux*. Ainsi nous n'appelons variétés d'une espèce que les races plus ou moins différentes qui peuvent en être sorties par la génération. Nos observations sur les différences entre les ancêtres et les descendants sont donc pour nous la seule règle générale ; car tout autre rentrerait dans des hypothèses sans preuves.

Or, en prenant ainsi la *variété*, nous observons que les différences qui la constituent dépendent de circonstances déterminées, et que leur étendue augmente avec l'intensité de ces circonstances.

Ainsi les caractères les plus superficiels sont les plus variables : la couleur tient beaucoup à la lumière, l'épaisseur du poil à la chaleur, la grandeur à l'abondance de la nourriture; mais dans un animal sauvage ces variétés mêmes sont fort limitées par le naturel de cet animal, qui ne s'écarte pas volontiers des lieux où il trouve au degré convenable tout ce qui est nécessaire au maintien de son espèce, et qui ne s'étend au loin qu'autant qu'il y trouve aussi la réunion de ces conditions. Ainsi, quoique le loup et le renard habitent depuis la zone torride jusqu'à la zone glaciale, à peine éprouvent-ils dans cet immense intervalle d'autre variété qu'un peu plus ou un peu moins de beauté

Digitized by Google

dans leur fourrure. J'ai comparé des cranes de renards du nord et de renards d'Égypte avec ceux des renards de France, et je n'y ai trouvé que des différences individuelles.

Ceux des animaux sauvages qui sont retenus dans des espaces plus limités varient bien moins encore, surtout les carnassiers. Une crinière plus fournie fait la seule différence entre l'hyenne de Perse et celle du Maroc.

. . . . . .

La nature a soin aussi d'empêcher l'altération des espèces, qui pourraient résulter de leur mélange, par l'aversion mutuelle qu'elle leur a donnée. Il faut toutes les ruses, toute la puissance de l'homme pour faire contracter ces unions, même à celles qui se ressemblent le plus ; et quand les produits sont féconds, ce qui est très rare, leur fécondité ne va point au delà de quelques générations, et n'aurait probablement pas lieu sans la continuation des soins qui l'ont excitée. Aussi ne voyons-nous pas dans nos bois d'animaux intermédiaires entre le lièvre et le lapin, entre le cerf et le daim, entre la marte et la fouine.

Mais l'empire de l'homme altère cet ordre ; il développe toutes les variations dont le type de chaque espèce est susceptible, et en tire des produits que ces espèces, livrées à elles-mêmes, n'auraient jamais donnés.

. . . . . .

Il n'y a donc dans les faits connus rien qui puisse appuyer le moins du monde l'opinion que les genres nouveaux que j'ai découverts ou établis parmi les fossiles... aient pu être les souches de quelques uns des animaux d'aujourd'hui, lesquelles n'en différeraient que par l'influence de temps ou du climat.

(*Discours sur les Révolutions du Globe.*)

Digitized by Google

BICHAT

Les membranes.

Les membranes n'ont point été jusqu'ici un objet particulier de recherches pour les anatomistes ; ils ne les ont jamais examinées isolément. Ils en ont associé l'histoire à celle des organes respectifs sur lesquels elles se déploient. Le péricarde et le cœur, la plèvre et le poumon, le péritoine et les organes gastriques, la sclérotique et l'œil, etc., appartiennent toujours au même chapitre dans leurs ouvrages. C'est, pour la description, la marche la plus simple et, sans doute, la meilleure ; mais, en la suivant, les anatomistes, frappés de la différence de structure des organes, ont oublié que les membranes respectives pouvaient avoir de l'analogie ; ils ont négligé d'établir entre elles des rapprochements, et c'est là un vide tellement essentiel qu'on peut dire que quoiqu'ils semblent avoir épuisé chaque point d'Anatomie, ils n'ont cependant fait, pour ainsi dire, qu'effleurer celui-ci. Haller [1], par exemple dans son article sur les membranes en général, ne trace aucune ligne de démarcation entre elles. Une texture analogue les confond toutes ; elles ne sont à ses yeux, qu'une modification de l'organe cellulaire qui leur fournit une base commune, toujours facile à ramener à son état primitif... Plusieurs médecins célèbres, depuis Haller, ont senti que dans le système membraneux, diverses limites étaient à établir entre des organes jusqu'ici confondus. L'observation des caractères entièrement variés que prend l'inflammation sur chaque membrane leur en a surtout indiqué la nécessité ; car souvent l'état morbifique, plus que l'état sain,

1. Naturaliste suisse (1708-1777).

Digitized by Google

développe nettement la différence des organes entre eux, parce que, dans l'un plus que dans l'autre cas, leurs forces vitales se montrent très prononcées. M. Pinel [1] a établi, d'après ces principes, un judicieux rapprochement entre la structure différente et les différentes affections des membranes : c'est en lisant son ouvrage que l'idée de celui-ci s'est présentée à moi, quoique cependant plusieurs résultats s'y trouvent, comme on le verra, très différents de ceux qu'il a énoncés.

Lorsqu'on embrasse d'un coup d'œil général toutes les membranes de l'économie organique, il semble que la classification doit en être très composée, tant par rapport à leur étonnante multiplicité, qu'à cause de leur apparente variété dans chaque région. Ce n'est point exagérer la proportion des membranes internes avec la peau que de la fixer de 8 à 1 ; et s'il était possible de les rassembler toutes sur une même surface, peut-être aucune n'offrirait elle un aspect exactement semblable à celui des autres. Cependant, pour peu qu'on réfléchisse à leur structure et à leurs fonctions, on voit bientôt que plusieurs se rapprochent, et que quoiqu'une conformation extérieure semble les distinguer, cette différence n'est cependant que dans la forme et nullement dans le fond de leur organisation.

Il faut donc fixer avec précision quelles membranes appartiennent à la même classe; quelles sont celles qui s'isolent ou se rapprochent entre elles : or observons ici que les caractères de nos divisions ne doivent point être fondés sur des attributs extérieurs étrangers, pour ainsi dire, à la nature de l'organe, mais sur cette structure elle-même. Ce n'est que sur l'identité simultanée de la conformation extérieure, de la structure, des propriétés vitales et des fonctions, que doit être fondée l'attribution de deux membranes à une même classe. Laissons à d'autres sciences les mé-

1. Médecin français (1745-1826).

Digitized by Google

thodes artificielles de distribution ; ce n'est que par les méthodes naturelles que nous pouvons être conduits ici à d'utiles résultats.

En classant les membranes d'après ces principes, nous pouvons, je crois, les rapporter à deux divisions générales ; l'une comprendra les membranes simples, l'autre les membranes composées. J'appelle membranes simples, celles dont l'existence isolée ne se lie que par des rapports indirects d'organisation avec les parties voisines ; une membrane composée est celle qui résulte de l'assemblage de deux ou trois des précédentes, et qui en unit les caractères souvent très différents.

On peut distribuer dans trois classes générales les membranes simples ; la première est celle des membranes *muqueuses*, dont j'emprunte la dénomination du fluide qui en humecte habituellement la surface libre, et que fournissent de petites glandes inhérentes à leur structure ; elles revêtent l'intérieur de tous les organes creux qui communiquent à l'extérieur par les diverses ouvertures dont la peau est percée ; telles sont les cavités de la bouche, de l'œsophage, de l'estomac, des intestins, de la vessie, les fosses nasales, tous les conduits excréteurs, etc... Dans la seconde classe, se trouvent les membranes *séreuses*, caractérisées aussi par le fluide lymphatique qui les lubréfie sans cesse, et qui, séparé par exhalation de la masse du sang, diffère en cela du précédent, qui s'en échappe par voie de sécrétion. Ici se range le péricarde, la plèvre, le péritoine, l'arachnoïde, la membrane synoviale des articulations, celles des coulisses des tendons, etc... Enfin la troisième classe comprend les membranes *fibreuses* que leur texture fait ainsi dénommer, qu'aucun fluide n'humecte, que compose une fibre blanche analogue aux tendons, et auxquelles se rapportent le périoste, la dure-mère, les sclérotiques, l'enveloppe des corps caverneux, les aponévroses, les capsules articu-

Digitized by Google

laires, les gaines tendineuses, etc. Je n'expose aucun des caractères de ces membranes, pour appuyer la division ci-dessus ; leur description servira à établir toutes leurs différences, et par suite à prouver la justesse de la démarcation établie entre elles.

Chacune des membranes simples précédentes concourt, en diverses parties, à former les membranes composées que je divise en *fibro-séreuses*, *séro-muqueuses*, *fibro-muqueuses*.

Outre les membranes simples et composées dont je viens de parler, il en est encore plusieurs qui, ou entièrement inconnues dans leur organisation, ou connues mais isolées, existant seules de leur espèce, ne peuvent faire partie d'une classification.

Enfin les membranes accidentellement développées dans l'état morbifique, telles que les pellicules des cicatrices, la poche membraneuse que forment les kystes, etc., méritent aussi de devenir l'objet de nos recherches, soit par elles-mêmes, soit par leur analogie avec les membranes naturelles.

(*Traité des Membranes en général.* Article premier.)

Subdivision des vies animale et organique.

Chacune des deux vies, animale et organique, se compose de deux ordres de fonctions qui se succèdent et s'enchaînent dans un sens inverse.

Dans la vie animale, le premier ordre s'établit de l'extérieur du corps vers le cerveau, et le second, de cet organe vers ceux de la locomotion et de la voix. L'impression des objets affecte successivement les sens, les nerfs et le cerveau. Les premiers reçoivent, les seconds transmettent, le dernier perçoit cette impression qui, étant ainsi reçue, transmise et perçue, constitue nos sensations.

Digitized by Google

L'animal est presque passif dans ce premier ordre de fonctions ; il devient actif dans le second, qui résulte des actions successives du cerveau où naît la volition à la suite des sensations, des nerfs qui transmettent cette volition, des organes locomoteurs et vocaux, agents de son exécution. Les corps extérieurs agissent sur l'animal par le premier ordre de fonctions ; il réagit sur eux par le second.

Une proportion rigoureuse existe en général entre ces deux ordres : où l'un est très marqué, l'autre se développe avec énergie. Dans la série des animaux, celui qui sent le plus, se meut aussi davantage. L'âge des sensations vives est celui de la vivacité des mouvements ; dans le sommeil où le premier ordre est suspendu, le second cesse, ou ne s'exerce que par secousses irrégulières. L'aveugle qui ne vit qu'à moitié pour ce qui l'entoure, enchaîne ses mouvements avec une lenteur qu'il perdrait bientôt si ses communications extérieures s'agrandissaient.

Un double mouvement s'exerce aussi dans la vie organique, l'un compose sans cesse, l'autre décompose l'animal. Tel est en effet, comme l'ont observé les anciens, et d'après eux plusieurs modernes, sa manière d'exister, que ce qu'il était à une époque, il cesse de l'être à une autre, son organisation reste toujours la même, mais ses éléments varient à chaque instant. Les molécules nutritives, tour à tour absorbées et rejetées, passent de l'animal à la plante, de celle-ci au corps brut, reviennent à l'animal et en ressortent ensuite.

La vie organique est accommodée à cette circulation continuelle de la matière. Un ordre de fonctions assimile à l'animal les substances qui doivent le nourrir, un autre lui enlève ces substances devenues hétérogènes à son organisation, après en avoir fait quelque temps partie.

Le premier, qui est l'ordre d'assimilation, résulte de la digestion, de la circulation, de la respiration et de la

Digitized by Google

nutrition. Toute molécule étrangère au corps reçoit, avant d'en devenir l'élément, l'influence de ces quatre fonctions.

Quand elle a ensuite concouru quelque temps à former nos organes, l'absorption la leur enlève, la transmet dans le torrent circulatoire, où elle est charriée de nouveau, et d'où elle sort par l'exhalation pulmonaire ou cutanée, et par les diverses sécrétions dont les fluides sont tous rejetés au dehors.

L'absorption, la circulation, l'exhalation, la sécrétion forment donc le second ordre des fonctions de la vie organique ou l'ordre de désassimilation.

Il suit de là que le système sanguin est un système moyen, centre de la vie organique, comme le cerveau est celui de la vie animale, où circulent confondues les molécules qui doivent être assimilées et celles qui, ayant déjà servi à l'assimilation, sont destinées à être rejetées; en sorte que le sang est composé de deux parties, l'une récrémentitielle qui vient surtout des aliments et où la nutrition puise ces matériaux, l'autre excrémentitielle, qui est comme le débris, le résidu de tous les organes et qui fournit aux sécrétions et aux exhalations extérieures. Cependant ces dernières fonctions servent aussi quelquefois à transmettre au dehors les produits digestifs, sans que ces produits aient concouru à nourrir les parties. C'est ce qu'on voit dans l'urine et la sueur, à la suite des boissons copieuses. La peau et le rein sont alors organes excréteurs, non de la nutrition, mais bien de la digestion. C'est ce qu'on observe encore dans la production du lait, fluide provenant manifestement de la portion du sang qui n'a point encore été assimilée par le travail nutritif.

Il n'y a point, entre les deux ordres des fonctions de la vie organique, le même rapport qu'entre ceux de la vie animale; l'affaiblissement du premier n'entraîne pas la diminution du second : de là la maigreur, le marasme, états

Digitized by Google

dans lesquels l'assimilation cesse en partie, la désassimilation s'exerçant au même degré.

Ces grandes différences placées entre les deux vies de l'animal, ces limites non moins marquées qui séparent les deux ordres des phénomènes dont chacune est l'assemblage, me paraissent offrir au physiologiste la seule division réelle qu'il puisse établir entre les fonctions.

(*Recherches sur la vie et sur la mort.*)

La mort.

Voici donc la grande différence qui distingue la mort de vieillesse d'avec celle qui est l'effet d'un coup subit; c'est que dans l'une, la vie commence à s'éteindre dans toutes les parties, et cesse ensuite dans le cœur : la mort exerce son empire de la circonférence au centre. Dans l'autre, la vie s'éteint dans le cœur et ensuite dans toutes les parties : c'est du centre à la circonférence que la mort enchaîne ses phénomènes.

. . . . . .

Presque tous les animaux l'atteignent (la mort naturelle), tandis que la cessation de notre être, qu'amène la seule vieillesse, est devenue une espèce de phénomène. La mort qui survient accidentellement, mérite donc de fixer particulièrement notre attention. Or, elle arrive ainsi de deux manières différentes : tantôt elle est le résultat subit d'un grand trouble excité dans l'économie ; tantôt les maladies la font succéder à la vie, d'une manière lente et graduée.

Il est, en général, assez facile de rechercher suivant quelles lois se terminent les fonctions à la suite d'un coup violent et subit, comme, par exemple, dans l'apoplexie, les grandes hémorragies, la commotion, l'asphyxie, etc., parce que tous les organes étant alors parfaitement intacts, cessent d'agir par des causes directement opposées à celles qui

Digitized by Google

les entretiennent ordinairement en exercice. Or, comme celles-ci sont en partie découvertes, leur connaissance conduit à celle des autres, d'une manière presque nécessaire : d'ailleurs nous pouvons imiter sur les animaux ce genre de mort, et analyser par conséquent, dans nos expériences, ses phénomènes divers.

Il est, au contraire, rarement en notre pouvoir de produire artificiellement, dans les espèces différentes de la nôtre, des maladies semblables à celles qui nous affligent. Nous aurions cette faculté, que la science y gagnerait peu : les lois vitales sont en effet tellement modifiées, changées, je dirais presque dénaturées par les affections morbifiques, que nous ne pouvons plus alors partir des phénomènes connus de l'animal vivant, pour rechercher ceux de l'animal qui meurt. Il serait nécessaire pour cela, de savoir ce qu'est cet état intermédiaire à la santé et à la mort, où toutes les fonctions éprouvent un changement si remarquable, changement qui, varié à l'infini, produit les innombrables variétés des maladies. Or, quel médecin peut, d'après les données actuelles de son art, percer le voile épais qui cache ici les opérations de la nature ? quel esprit judicieux osera dépasser sur ce point les limites de la stricte observation ?

Nous aurons donc plus égard, dans ces recherches, au premier qu'au second genre de mort. Celui-ci ne nous occupera qu'accessoirement : il faudrait d'ailleurs, pour bien en analyser les causes, une expérience médicale encore étrangère à mon âge, et que donne seule l'habitude d'avoir vu beaucoup de malades.

La première remarque que fait naître l'observation des espèces diverses de morts subites, c'est que, dans toutes, la vie organique peut, jusqu'à un certain point, subsister, l'animale étant éteinte; que celle-ci, au contraire, est dans une telle dépendance de l'autre, que jamais elle ne dure après son interruption. L'individu que frappent l'apoplexie,

Digitized by Google

la commotion, etc., vit encore quelquefois plusieurs jours au dedans, tandis qu'il cesse tout à coup d'exister au dehors : la mort commence ici par la vie animale. Si elle porte, au contraire, sa première influence sur quelques fonctions organiques essentielles, comme sur la circulation dans les plaies, les ruptures anévrismales du cœur, etc., sur la respiration dans les asphyxies, etc., alors ces fonctions finissent presque subitement, il est vrai, mais aussi la vie animale est également anéantie tout-à-coup ; et même, dans ce cas, une partie de la vie organique subsiste, comme nous l'avons vu, plus ou moins longtemps, pour ne s'éteindre que par gradation.

Vous ne verrez jamais un animal à sang rouge et chaud vivre encore au dehors, lorsque déjà il n'est plus au dedans : en sorte que la cessation des phénomènes organiques est toujours un sûr indice de la mort générale. On ne peut même prononcer sur la réalité de celle-ci, que d'après cette donnée, l'interruption des phénomènes externes étant un signe presque constamment infidèle.

A quoi tient cette différence dans la manière dont se terminent accidentellement les deux vies ? elle dépend du mode d'influence qu'elles exercent l'une sur l'autre, de l'espèce de lien qui les unit ; car quoiqu'une foule de caractères les distingue, leurs fonctions principales s'enchaînent cependant d'une manière réciproque.

Ce mode d'influence, ce lien des deux vies, paraissent spécialement exister entre le cerveau d'une part, pour l'animale, le poumon ou le cœur d'une autre part pour l'organique. L'action de l'un de ces trois organes est essentiellement nécessaire à celle des deux autres. Quand l'un cesse entièrement d'agir, les autres ne sauraient continuer à être en activité ; et comme ils sont les trois centres où viennent aboutir tous les phénomènes secondaires des deux vies, ces phénomènes s'interrompent inévitablement aussi, et la mort générale arrive.

Digitized by Google

Les physiologistes ont connu de tout temps l'importance de ce triple foyer : presque tous nomment fonctions vitales celles qui y ont leur siège, parce que la vie leur est immédiatement enchaînée, tandis qu'elle n'a que des rapports plus éloignés avec ce qu'ils appellent fonctions naturelles et animales.

Je crois que, d'après ce qui a été dit jusqu'ici, on trouvera la division que j'ai adoptée préférable à celle-ci ; mais elle n'en mérite pas moins de fixer notre attention sous le point de vue qui nous occupe.

Toute espèce de mort subite commence en effet par l'interruption de la circulation, de la respiration ou de l'action du cerveau.

L'une de ces trois fonctions cesse d'abord. Toutes les autres finissent ensuite successivement ; en sorte que pour exposer avec précision les phénomènes de ces genres de morts, il faut les considérer sous ces trois rapports essentiels : tel est aussi l'ordre que nous suivrons.

Les morts subites qui ont leur principe dans le cœur, vont premièrement nous occuper ; puis celles qui commencent par le poumon et le cerveau fixeront notre attention. Dans chacune, je dirai d'abord comment, un de ces trois organes étant affecté, les deux autres meurent ; je démontrerai ensuite par quel mécanisme la mort de toutes les parties dérive de celle de l'organe affecté. Enfin je déterminerai, d'après les principes que j'aurai exposés, la nature des différentes espèces de maladies qui frappent le cœur, le poumon ou le cerveau.

(*Recherches sur la vie et sur la mort.*)

Digitized by Google

GEOFFROY SAINT-HILAIRE

Un seul oiseau.

A mon début dans le professorat, en 1793, il n'y avait eu à Paris aucun enseignement de zoologie. Tenu de tout créer, j'ai acquis les premiers éléments de l'histoire naturelle des animaux, en rangeant et en classant les collections confiées à mes soins. Cependant, pour demeurer définitivement fixé sur le meilleur système de classification que j'aurais à suivre, j'ai eu d'abord à me rendre compte de la valeur des *caractères ;* c'est-à-dire à rechercher par des essais longs et pénibles, ce que ces caractères devaient m'offrir de constant et d'utile en différences propres à servir à la distinction des êtres. Or, de chaque séance que je faisais journellement dans les cabinets du Jardin du Roi, je recevais une impression qui, se reproduisant toujours la même, me porta à cette vue pour l'esprit, c'est que tant d'animaux que je tenais pour différents et qu'en leur imposant un nom spécifique je traitais comme distincts, ne différaient cependant que par quelques légers attributs.

. . . . . .

Combien de fois je me suis rendu compte de la valeur de ces idées en étudiant ainsi d'ensemble les collections du Jardin du Roi ! Qu'il m'arrivât d'être placé à une certaine distance, je saisissais un effet général où disparaissaient toutes les différences de peu d'importance. En face des armoires d'ornithologie, je n'apercevais sur les rayons que la répétition, un grand nombre de fois multipliée, du type *oiseau ;* c'est-à-dire que je ne distinguais que les traits généraux, savoir, la tête, le cou, le tronc, la queue, les ailes, les pieds ; chez tous les individus, c'était des plumes pour téguments ; chez tous, un bec de corne entourant les mâ-

Digitized by Google

choires : toutes choses exactement répétées, et qui, de plus, existaient en des places respectivement les mêmes.

. . . . . .

Des dissections entreprises sous l'influence de ces impressions y répondirent ; tous les organes intérieurs étaient dans un rapport parfait avec ceux de la périphérie de l'être...

(*Principes de philosophie zoologique.*)

Les degrés de développement d'un organe.

... Je n'ai présenté ma théorie des analogues que sous un seul rapport quand j'ai fait voir que les mêmes organes, selon qu'on les considère dans les degrés les plus différents dans l'échelle des êtres, sont susceptibles d'une double combinaison, étant alternativement développés à l'excès ou bien retenus à l'état d'embryon, dans la plénitude de leurs fonctions ou dans l'inactivité la plus complète, il me reste à montrer à quelles révolutions est exposé le même organe dans une situation intermédiaire qui sans être réduit au degré d'atténuation que j'ai jusqu'à ce moment qualifié par le nom de *rudimentaire*, a cependant cessé de faire partie de la classe des organes *accomplis* ou *normaux*.

... S'il arrive à un organe de rester en deçà de son développement possible, sans cependant descendre jusqu'à cet état d'amoindrissement que nous exprimons par le nom de rudimentaire, nous passons à un autre ordre de considérations. Un organe dans cette nouvelle situation, ne saurait intervenir parmi d'autres, que sa présence ne soit là d'un effet quelconque. N'oublions pas qu'il n'appartient plus à ce haut degré de composition que nous avons proposé de désigner par le nom d'organes normaux, et qu'il a perdu son caractère d'invariabilité, en cessant d'être une pièce de première utilité. Notre supposition d'un demi-développe-

Digitized by Google

ment le place dans une position à ressentir d'une part l'influence des organes qui l'avoisinent, et de l'autre à exercer à l'égard de ceux-ci une sorte de réaction. Dans quelles proportions alors et quelles en sont les conséquences ? Telles sont autant de questions à examiner.

N'y ayant plus rien qui assujétisse cet organe, le degré de son développement dépend de ce qui se passe auprès de lui : si tout son entourage est dans une tenue habituelle, il reste petit et végète dans un état peu éloigné d'un organe rudimentaire ; mais si au contraire les organes de son voisinage, dominés par des influences étrangères, sont eux-mêmes frappés d'amaigrissement, ces circonstances sont pour lui une bonne fortune qu'il met à profit : le fluide nourricier qui dans cette région n'a plus guère que les canaux de cet organe pour issue, s'y répand presqu'exclusivement, le développe et le porte bientôt à un volume qui dépasse quelquefois de beaucoup les limites qui lui sont prescrites, quand il est dans une position fixe et invariable à l'égard d'une *classe* : dans sa position *normale*.

C'est arrivé à ce point qu'il devient très intéressant de considérer un tel organe dans la même classe d'animaux : on peut d'avance être assuré que c'est lui qui y donnera le caractère distinctif de chaque genre parce que, du moment où il a dépassé les limites du développement normal, il a changé de rôle, et que de dominé qu'il était, alors qu'il restait en deçà de ce développement, il devient dominateur à son tour, et place à son égard tous les organes de son entourage dans le cas de la subordination. Ainsi les phalanges de la main chez les Chauves-Souris, ayant dépassé, de la manière la plus extraordinaire, les limites de l'état normal de ces parties chez les autres Onguiculés, exercent l'influence la plus marquée, une influence proportionnée sur toute l'économie des Mammifères ailés. C'est en s'appuyant sur les principes de cette théorie, que la zoologie donnera un jour à ses lois de la subordination des carac-

Digitized by Google

tères, toute la précision et la rigueur qu'elles n'ont point encore obtenues jusqu'à ce jour.

(*Philosophie anatomique.* 5e mémoire.)

Napoléon en Égypte.

Cependant arrive le moment du plus grand éclat de la carrière de Napoléon, l'époque de la glorieuse expédition de l'armée d'Orient. Il est dans l'indépendance d'un pouvoir sans bornes. Ce n'est plus seulement Monge et Berthollet, ses causeurs intimes sur les sciences, qui montent à sa suite sur le vaisseau *l'Orient*; c'est tout un Institut qu'il emmène avec lui. Les sciences et les armes qu'il alliait dans la rêveuse méditation de sa jeunesse, il en reprend la pensée dans le voyage qu'il entreprend; il veut en répandre l'éclat dans la célèbre contrée vers laquelle il dirige ses pas : il l'annonce dans l'intitulé de ses proclamations; *c'est un membre de l'Institut et un tout puissant capitaine*, qui s'avancent dans la terre antique et classique de la philosophie naturelle.

Ne pourra-t-il recueillir, dans ses intervalles de loisirs, l'enseignement des faits pour en former sa spéciale philosophie de la nature? Il s'enquiert du moins, pendant sa traversée de la mer, quand descendu à Malte, quand combattant à Alexandrie, quand parcourant le désert, il a près de lui ses fidèles compagnons : il les écoute avec la même attention et la même avidité que s'il en attendait une transmission d'oracles. Monge et Berthollet couchent sous sa tente en face de Saint-Jean-d'Acre.

Si, dans sa résidence au Caire, sont quelques momens dont il puisse disposer, il emploie ces intervalles de loisir à des leçons de chimie qu'il écoute avec une ferveur vraiment remarquable. La première fois, l'illustre disciple était seul écoutant à ce cours fait avec tout l'appareil d'usage;

Digitized by Google

il s'aperçut que le débit du professeur se ressentait de l'absence d'un nombreux auditoire, et Berthollet fut engagé à se faire accompagner de quelques amis. A ce titre, je fus appelé à jouer dans cette occasion le rôle de Léandre, à figurer comme le semblant d'un public.

Déférant à la demande que m'en avait faite le général Régnier, j'avais, en mer, dans les parages de Malte, reproduit sur un requin harponné et hissé à bord, la principale expérience de Galvani, touchant l'électricité animale : Bonaparte m'en demanda un récit détaillé.

Peu de jours après la bataille des Pyramides, la commission des arts et des sciences s'acheminait vers Le Caire. A peine ralliée et non reposée, le général en chef l'entraîna dans une excursion minéralogique. Il s'en fut avec sa troupe de savans, visiter d'immenses carrières qui avaient fourni aux constructions du Caire ; elles occupaient une gorge profonde, à larges excavations, à ciel découvert, à feux réfléchis par les parois blanches et cristallines de cette sorte d'entonnoir. L'on descendait dans cette fournaise par un sentier étroit et semé de précipices. Les chevaux à peu près portés par les épaules de leurs cavaliers piétinaient incessamment. Vers le milieu de cette rampe escarpée, il y eut une halte, et, dans cette singulière station, ce furent des réflexions et des discours sur la minéralogie, comme dans une séance régulière. Mais comme chacun se trouva bientôt sans fatigues ni souffrances, en entendant ce mot prononcé avec effusion, *commilitones*, s'appliquant ainsi l'allusion qui était dans la pensée du général, et recueillant son accent de bonté ineffable ! En de semblables conjonctures, et peut-être dans ces emplacements mêmes, César savait aussi relever, par le charme de son amitié, le courage de ses intrépides compagnons.

L'inondation du Nil arrivée, ce fut un tout autre voyage scientifique. On ira visiter les Pyramides en s'y acheminant transporté par des barques. Le voyage nautique, aller et

Digitized by Google

retour, durera trois heures. Ces trois heures seront employées fructueusement, scientifiquement : pour cela faire, le général en chef prescrivit que ses gardes et ses aides de camp monteraient une autre barque à la suite, et que son autre escorte de soldats lettrés l'accompagnerait sur le bâtiment destiné à sa personne. Chacun de ceux-ci y fut convié nominativement. Honoré de ce choix, j'ai été dans le cas de connaître que la séance fut sérieuse, profondément instructive, et roulant sur des points transcendants d'économie publique dans des applications possibles à l'Égypte.

. . . . . .

« Je me trouve, dit le général en chef, conquérant en Égypte comme le fut Alexandre ; il eut été plus de mon goût de marcher sur les traces de Newton : cette pensée me préoccupait à l'âge de quinze ans. »

(*Notions de philosophie naturelle.* Introduction. le monde des détails.)

Digitized by Google

DE BLAINVILLE

L'anatomie comparée.

Le but de ces principes d'anatomie comparée est donc de faire sentir ce que c'est que la physiologie considérée d'une manière générale et applicable à tous les animaux, les rapports des lois de la vie avec les lois générales qui régissent tous les corps de la nature, et jusqu'à quel point nous pouvons en espérer l'explication. Elle doit aussi servir à établir les príncipes de la zoologie sur des bases fixes, immuables, et par conséquent à la transformer en science, en montrant évidemment que ce n'est pas une simple nomenclature, comme le pensent encore quelques esprits élevés ; enfin on pourrait la regarder aussi comme la base d'une histoire naturelle et générale des animaux, ainsi que celle d'une pathologie générale.

Les moyens de cette anatomie comparée sont essentiellement l'anatomie intuitive des animaux, la comparaison des organes dont ils se composent étudiés dans les accroissements et les dégradations déterminés par l'âge et en rapport avec la place de ces animaux dans la série, considérée presque comme un tout.

Son importance est évidente si, comme il n'est guère permis d'en douter, la véritable philosophie, la psychologie et toutes les sciences qui en dépendent ne peuvent trouver de base un peu solide que dans la physiologie générale ; et s'il est vrai qu'une bonne disposition générale des animaux doive être telle qu'elle permette d'appliquer la voie d'induction et d'analogie, et de juger de la nature d'un animal inconnu par sa place auprès d'un animal connu, il est évident que l'étude de l'organisation qui détermine cette

Digitized by Google

nature ou les mœurs, les habitudes, les qualités, doit être d'une valeur irrécusable, puisque, par ce moyen, il sera possible de connaître *a priori* les qualités utiles ou nuisibles d'une espèce, et par suite les moyens que l'homme doit employer pour la propager ou la détruire.

L'ordre à suivre dans une étude quelconque n'étant pas aussi indifférent que quelques personnes pourraient le croire, il ne sera pas inutile de rechercher, avant que d'aller plus loin, quel est celui que nous adopterons dans cette étude fondamentale et rapide de l'organisation des animaux. Commencerons-nous par une extrémité de la série qu'ils forment ou par l'autre ? Ceux qui admettent que la méthode analytique doit être préférée dans toute espèce d'enseignement, penseront sans doute que nous devrions commencer par les êtres les plus simples, les moins compliqués, d'après le principe qu'il est plus aisé de connaître une machine formée d'un petit nombre de rouages que celle qui en renferme une grande quantité. Mais, comme dans les machines animales, il nous est tout aussi difficile, ou peut-être mieux encore, tout aussi impossible de concevoir la vie dans la plus simple que dans la plus compliquée ; bien plus, comme ce n'est souvent que par analogie que nous pouvons juger des fonctions d'un organe, c'est-à-dire parce que nous savons que nous le possédons comme le cadavre que nous venons de disséquer, et qu'il sert chez nous à tel ou tel usage ; il nous semble à la fois plus naturel, plus logique et plus instructif de commencer par la tête de la série, par l'être le plus compliqué, ou l'homme, afin de marcher autant que possible, du moins dans ces sortes de recherches, du connu à l'inconnu, en nous aidant avec art de la voie de l'analogie et de l'induction. Nous étudierons donc toutes les parties de l'organisation en suivant la dégradation animale ; mais cependant, pour ne pas perdre entièrement l'avantage de la méthode inverse, dans nos considérations générales sur chaque appareil et sur

Digitized by Google

DE BLAINVILLE

Digitized by Google

Digitized by Google

chaque fonction, nous en ferons une analyse rapide en marchant du simple au composé.

(*De l'organisation des animaux.* Introduction.)

La circumnavigation de La Bonite.

Dans le cours d'une expédition pendant laquelle un bâtiment de l'État doit parcourir des mers et toucher en différents points du continent qui n'ont pas encore été explorés dans aucune des circumnavigations scientifiques précédentes, il serait sans doute fâcheux pour la science et pour nos collections publiques, que MM. les officiers ne pussent pas faire des recherches zoologiques, et recueillir les animaux qu'ils rencontreront. Toutefois, comme la nature du voyage de *La Bonite,* d'après la lettre même de M. le Ministre, ne permettra malheureusement que des relâches assez peu nombreuses et de courte durée, l'Académie se bornera à attirer l'attention du commandant et de l'état-major, plus spécialement sur un certain nombre d'animaux, en les invitant, s'ils ne peuvent se les procurer eux-mêmes, à vouloir bien au moins les signaler aux amis des sciences qu'ils pourront rencontrer.

L'Académie recommande d'une manière particulière de tâcher de se procurer à l'état de peau et de squelette, et surtout conservé dans l'esprit-de-vin, lorsque cela sera possible :

1° Parmi les mammifères,

L'orang-outang adulte, ou pongo, de Bornéo et de la Cochinchine.

. . . . . .

2° Parmi les oiseaux, nous pouvons dire d'une manière générale que les espèces du versant occidental du Mexique et de la Californie, manquent assez généralement à nos collections.

Digitized by Google

. . . . . .

Nous terminerons enfin nos recommandations au commandant et aux officiers de *La Bonite*, en les invitant à faire des recherches toutes les fois que l'occasion s'en présentera, sur la température des mammifères, des oiseaux, des reptiles et des poissons, en prenant les précautions convenables pour que les expériences soient exactement comparables, c'est-à-dire qu'elles soient faites sur les mêmes tissus, les mêmes organes ou les mêmes parties, la température extérieure préalablement estimée.

Nous demandons aussi que l'on cherche à faire des expériences sur la nature des gaz contenus dans la vessie natatoire des poissons, pris à des profondeurs et à des latitudes déterminées et variées, ainsi que sur la phosphorescence que présente un grand nombre d'animaux marins de différentes classes, phénomène encore si mal connu, surtout dans son étiologie.

Nous n'avons pas besoin d'ajouter que les recherches d'histoire naturelle devront comprendre l'espèce humaine, et qu'il serait, par exemple, fort intéressant de ne plus se borner à rapporter, pour nos collections, les crânes d'âges et de sexes différents des principales races ou variétés d'homme qu'on pourra rencontrer, mais de tâcher d'y joindre les squelettes complets, ou seulement plus ou moins dégrossis.

Il ne serait pas moins utile d'étendre, si cela était possible, les expériences demandées plus haut sur la température des animaux à l'espèce humaine, en recherchant si la chaleur des mêmes individus de l'équipage, transportés dans des climats si variés que ceux par lesquels passera *La Bonite*, n'offrirait pas des différences appréciables ; mais pour que ces expériences fussent un peu concluantes, il faudrait qu'elles fussent faites aux mêmes heures de la journée, à la même distance des repas, sur un certain nombre d'individus, d'âges et de tempéraments déterminés,

Digitized by Google

toujours les mêmes, soumis au même régime de nourriture, de vêtement et même d'exercice corporel.

D'après les *desiderata* zoologiques exprimés dans cette instruction, il est évident que le moyen le plus propre pour y satisfaire serait que l'expédition pût, autant que la nature et que les circonstances le permettront, relâcher et séjourner au Brésil, à Buenos-Aires, à l'île Chiloë, au Chili, au Mexique et même en Californie, aux îles Sandwich, à la Cochinchine, aux îles Marquises, aux Philippines et en général sur tous les lieux de sa route qui ont été peu explorés pour l'histoire naturelle.

(*Comptes rendus de l'Académie des sciences.* 1835.)

Digitized by Google

HENRI MILNE-EDWARDS

L'utilité des classifications.

L'utilité pratique de ces classifications est facile à saisir. Si le porteur d'une lettre n'avait pour se diriger dans la recherche de la personne à qui elle est destinée que le signalement de celle-ci, sa tâche serait probablement presqu'interminable; mais, si l'adresse de cette lettre lui indique d'abord le pays, puis successivement la province, la ville, le quartier, la rue, la maison et enfin l'étage que cette personne habite, il saura facilement s'acquitter de sa mission. Or, il en est de même pour le naturaliste; s'il voulait reconnaître un animal en y comparant successivement la description de tous les animaux connus, il aurait à exécuter un travail long et pénible, tandis qu'en s'aidant des classifications zoologiques, il arrivera promptement au but, car il lui suffira de déterminer d'abord à quelle grande division du règne animal appartient l'espèce dont il veut déterminer le nom, puis à quel groupe secondaire, à quelle subdivision de ce groupe, et ainsi de suite, en restreignant de plus en plus à chaque épreuve le champ de la comparaison. Si, par exemple, il voulait, sans se servir de moyens semblables, définir le mot lièvre, il lui faudrait faire une longue énumération de caractères, et pour appliquer cette définition, il aurait à comparer la description ainsi tracée à celle de plus de cent mille animaux différents; mais, si l'on dit que le lièvre est un animal vertébré, de la classe des mammifères, de l'ordre des rongeurs, du genre *lepus*, on saura par le premier de ces mots, dont la définition est connue, que ce ne peut être ni un insecte ni un mollusque, ni aucun autre animal sans squelette intérieur; par le second, on exclura de la comparaison tous les poissons, tous les reptiles et tous

Digitized by Google

HENRI MILNE-EDWARDS

Digitized by Google

Digitized by Google

les oiseaux; par le troisième, on distinguera de suite le lièvre des neuf dixièmes des mammifères, et lorsqu'on aura déterminé de la même manière le genre auquel il appartient, on n'aura plus qu'à le comparer à un très petit nombre d'animaux dont il ne diffère que par quelques traits plus ou moins saillants; pour le faire distinguer avec certitude, il suffira donc de quelques lignes. Il existe ici la même différence que celle qu'il y aurait à chercher tel ou tel soldat dans une armée dont tous les rangs seraient mêlés, ou dans une armée bien ordonnée dont chaque division, chaque brigade, chaque régiment, chaque bataillon et chaque compagnie aurait une place déterminée, et porterait avec lui des signes distinctifs.

(*Zoologie.*)

La classification zoologique.

Tous les zoologistes du siècle actuel s'appliquent à représenter dans la classification des animaux l'ensemble des connaissances acquises relatives aux divers degrés de similitude ou de différence que ces êtres peuvent offrir entre eux. Les changements successifs que nos naturalistes ont introduits dans ce mode de distribution intérieure du règne animal ne sont, par conséquent, que l'expression des progrès anatomiques ou physiologiques réalisés de nos jours.

Dans toute classification zoologique, il y a deux conditions principales que l'on doit chercher à remplir : la première c'est de ranger les animaux d'après le degré de l'espèce de parenté qu'ils semblent avoir entre eux, ou, pour me servir ici du langage technique, d'après leurs affinités respectives, c'est-à-dire de les distribuer de telle sorte que les espèces les plus semblables entre elles occupent les places les plus voisines, et que le degré de leur éloignement soit en quelque sorte la mesure de leurs différences; la

Digitized by Google

seconde, c'est de diviser et de subdiviser le groupe ainsi formé d'une manière correspondante à l'importance relative des différences qui existent dans la constitution de ces êtres.

Depuis le commencement du siècle actuel, l'étude anatomique des animaux arrivés à leur développement complet a été le principal guide pour cette appréciation de la valeur des ressemblances ou des différences. En 1826, M. Baer chercha à fonder une méthode zoologique sur l'embryologie, mais malheureusement les vues de ce savant passèrent inaperçues et pendant près de vingt ans n'exercèrent aucune influence sur la direction des classificateurs.

En 1844, l'attention des naturalistes fut appelée de nouveau sur ce sujet par une publication faite en France. L'auteur de ce travail insista sur la liaison qui existe entre le degré d'importance zoologique des caractères anatomiques, transitoires ou permanents et la date plus ou moins ancienne de leur apparition dans les organismes en voie de formation. En effet, les animaux appartenant à un même groupe naturel se ressemblent d'autant plus complètement entre eux qu'ils sont moins avancés dans la vie embryonnaire, et les différences qui apparaissent ultérieurement dans leur organisation correspondent aux divisions successives qu'il est nécessaire d'établir dans ce groupe pour en rendre la classification naturelle.

Il s'est appliqué à établir qu'en zoologie tout groupe naturel se compose d'êtres qui, à une certaine période de leur développement embryonnaire, ont été similaires entre eux, et que le rang hiérarchique de ce groupe est d'autant plus élevé que cette similitude entre ses divers membres a persisté moins longtemps; que le groupe primaire comprend, par conséquent, toutes les formes dérivées d'un même type primordial, que les espèces ont entre elles des affinités d'autant plus étroites qu'elles ont conservé pendant plus longtemps un mode de constitution commun, et que, dans une classification naturelle, chaque bifurcation de la

Digitized by Google

voie embryogénique doit être indiquée par une division correspondante.

Ainsi, pour que la classification des animaux vertébrés soit en concordance avec les différences qui existent dans la nature de ces êtres et en soit, pour ainsi dire, la représentation, il ne suffit pas de diviser l'embranchement en classes ; il faut échelonner davantage les coupes et diviser celles-ci de façon à montrer que le type commun et primordial du vertébré, en se différenciant d'abord, revêt deux formes secondaires, dont l'une est la souche du poisson et du batracien, tandis que l'autre, en se modifiant ultérieurement, produira d'un côté le reptile et l'oiseau, d'autre part le mammifère. Il en résulte que ces tableaux zoologiques, pour être vrais, doivent être beaucoup plus compliqués qu'on ne le suppose généralement.

L'étude approfondie de l'organisation des animaux arrivés au terme de leur développement conduit à des résultats analogues, et aujourd'hui aucun naturaliste ne se contente du système uniforme de divisions et de subdivisions, qui pouvait suffire aux besoins de la science du temps de Linné, ou même à l'époque où Cuvier publia sa classification du règne animal.

Depuis un quart de siècle, les zoologistes ont fait de grands progrès dans la connaissance des relations qui existent entre les divers éléments de ce vaste ensemble, mais nous sommes encore très loin du moment où il sera peut-être possible d'exprimer un rapport par des formules précises ou de les représenter graphiquement à l'aide d'une figure. Quel que soit le point de vue où l'on se place, on reconnait aisément que le règne animal ne se compose ni d'une série unique d'espèces, ni de plusieurs séries paralléliques. Dans ces derniers temps, un savant illustre a cherché à en donner une idée plus nette, en groupant les séries d'une manière radiaire et en superposant les étoiles à branches multiples ainsi formées; mais cela ne suffit pas, ce me

Digitized by Google

semble, et je reste persuadé que, pour découvrir les affinités naturelles des espèces animales ou pour traduire sous la forme d'une image nos conceptions à ce sujet, c'est surtout à l'embryologie qu'il faut avoir recours.

(*Rapport sur les progrès des sciences zoologiques.*)

La distribution géographique des animaux.

Quoi qu'il en soit, les obstacles à la distribution géographique des espèces sont tantôt tout mécaniques, d'autres fois physiologiques, et parmi les premiers on doit citer d'abord les mers et les hautes chaînes de montagnes. Pour les animaux terrestres, en effet, les mers d'une certaine étendue sont en général une barrière infranchissable, et on voit que, toutes choses égales d'ailleurs, le mélange de deux faunes distinctes est toujours d'autant plus intime que les régions auxquelles elles appartiennent sont plus rapprochées géographiquement ou sont mises en communication par des mers intermédiaires. Ainsi l'Océan atlantique empêche les espèces propres à l'Amérique tropicale de se répandre en Afrique, en Europe ou dans l'Asie ; et la faune du nouveau monde est complètement distincte de celle de l'ancien continent, si ce n'est dans les latitudes les plus élevées, vers le pôle boréal ; mais là les terres se rapprochent, l'Amérique n'est plus séparée de l'Asie que par le détroit de Béring, et se trouve liée au nord de l'Europe par le Groënland et l'Islande : aussi les échanges zoologiques ont-ils pu s'effectuer plus facilement, et on y trouve effectivement des espèces communes aux deux mondes : tels sont l'ours blanc, le renne, le castor, l'hermine, le faucon pèlerin, l'aigle à tête blanche, etc. Les hautes chaînes de montagnes constituent aussi des barrières nouvelles qui arrêtent souvent la dispersion des espèces et empêchent la fusion des faunes propres à des régions zoologiques voi-

Digitized by Google

sines. Ainsi les deux versants de la Cordillière des Andes sont habités par des espèces qui, pour la plupart, sont différentes; et les insectes de la région brésilienne, par exemple, sont presque toujours distincts de ceux que l'on rencontre au Pérou ou dans la Nouvelle-Grenade.

La dispersion des animaux vivant près des côtes est entravée de la même manière par la configuration géographique du globe : mais ici c'est tantôt une longue continuité de terres, tantôt une vaste étendue de haute mer qui s'oppose à la dissémination des espèces. Ainsi la plupart des animaux de la Méditerranée se retrouvent aussi dans la portion européenne de l'Atlantique, mais n'ont pu parvenir jusque dans les mers de l'Inde, dont la Méditerranée est séparée par le détroit de Suez, et n'ont pu traverser davantage l'Océan pour se répandre sur les côtes du nouveau monde.

Ces circonstances physiologiques qui tendent à limiter les diverses faunes sont plus nombreuses; mais celle qui se présente en première ligne est sans contredit la température inégale des diverses régions du sol. Il est des espèces qui peuvent supporter également bien un froid intense et les chaleurs tropicales : l'homme et le chien, par exemple; mais il en est d'autres qui, sous ce rapport, sont moins favorisés de la nature et ne prospèrent ou même ne peuvent exister que sous l'influence d'une température déterminée. Ainsi les singes, qui pullulent dans les régions tropicales, meurent presque tous de phthisie lorsqu'ils se trouvent exposés au froid et à l'humidité de nos climats, tandis que le renne, conformé pour supporter les rigueurs du long et rude hiver de la Laponie, souffre de la chaleur à Saint-Pétersbourg, et succombe en général assez promptement à l'influence d'un climat tempéré. Il en résulte que, dans un grand nombre de cas, les différences de climat suffisent à elles seules pour arrêter les espèces dans leur marche des latitudes élevées vers la ligne, ou des régions tropicales

Digitized by Google

vers les pôles. L'influence de la température sur l'économie animale nous explique aussi pourquoi certaines espèces restent cantonnées dans une chaîne de montagnes sans pouvoir se répandre au loin dans des localités analogues. Nous savons en effet que la température décroît en raison de l'élévation du sol, et par conséquent les animaux qui vivent à des hauteurs considérables ne pourraient descendre dans les plaines basses pour gagner d'autres montagnes sans traverser des pays où la température est bien supérieure à celle de leur habitation ordinaire. Le lama, par exemple, abonde dans les herbages du Pérou et du Chili situés à une élévation d'environ quatre ou cinq mille mètres au-dessus du niveau de la mer, et s'étend au sud jusqu'à l'extrémité de la Patagonie ; mais il ne se montre ni au Brésil ni au Mexique, parce qu'il n'aurait pu y arriver sans descendre dans des régions trop chaudes pour sa constitution.

La nature de la végétation et de la faune préexistantes dans une région du globe influe ordinairement sur son envahissement par des espèces exotiques. Ainsi la dispersion du ver à soie est limitée par la disparition du mûrier au-dessus d'un certain degré de latitude ; la cochenille ne peut se répandre au-delà de la zone où croissent les cactus ; et les grands carnassiers, à moins qu'ils ne vivent de poissons, ne peuvent exister dans les régions polaires, où les productions végétales sont trop appauvries pour nourrir un nombre considérable de quadrupèdes herbivores.

(*Zoologie.*)

Digitized by Google

AGASSIZ

Les glaciers.

... je me propose de traiter du *système glaciaire*, de l'histoire des glaciers actuels et plus particulièrement des glaciers des Alpes, en exposant leurs conditions générales d'existence, leur dépendance des reliefs environnants, les transformations qu'ils subissent dans leur trajet à partir des régions supérieures où ils se forment et se consolident, jusqu'à leur extrémité qui descend jusque dans les vallées inférieures ; je parlerai de l'influence qu'exercent sur leur allure les conditions atmosphériques, leur progression dans un temps donné, le mécanisme de cette locomotion, et enfin l'action qu'ils exercent sur le sol des vallées et des couloirs qui leur servent de lit.

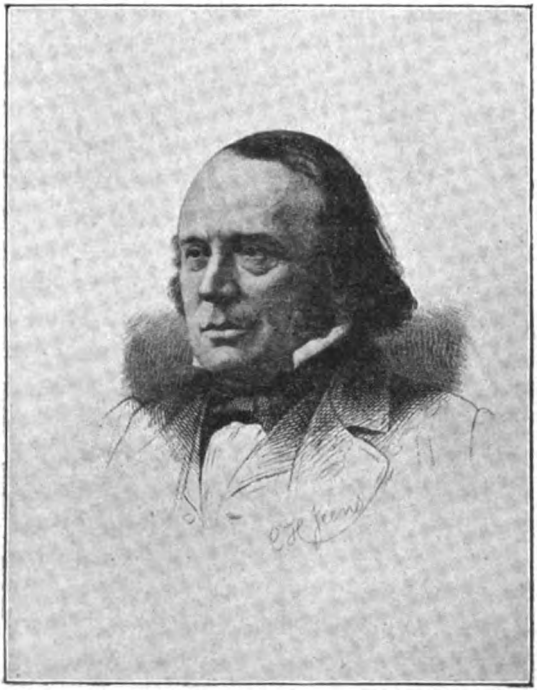
Une partie de ces questions ont déjà été traitées dans mon premier ouvrage sur les glaciers. Mon but était alors de montrer la liaison intime qui existe entre les phénomènes erratiques et les effets semblables que nous voyons se produire sous nos yeux dans le domaine des glaciers actuels ; je devais, tout en étudiant l'action des glaciers sur le sol, m'enquérir des lois qui régissent ce mécanisme mystérieux en vertu duquel ces gigantesques amas de glaces s'avancent ainsi lentement, mais irrésistiblement. A cette époque on ne possédait encore aucune donnée précise sur la somme du déplacement dans un temps donné, ni sur les variations auxquelles le mouvement est assujetti. Cependant, en visitant les principaux glaciers de nos Alpes, je compris que la théorie de Saussure, telle qu'on la concevait alors, était impuissante à rendre compte de toutes les circonstances du mouvement des glaciers. La théorie de la dilatation ... me semblait fournir une explication plus vraie du phénomène.

Digitized by Google

Elle avait en outre l'avantage de rattacher d'une manière plus directe le mouvement des glaciers aux influences climatologiques ; mais la discussion avait fait naître une foule d'objections que la théorie de la dilatation était impuissante à résoudre. Les faits sur lesquels elle se fondait n'avaient été observés qu'à une seule époque de l'année, pendant la belle saison, et l'on ne possédait que des notions vagues sur les modifications que déterminent les conditions variables de température et d'humidité aux différentes saisons. La structure de la glace elle-même exigeait de nouvelles recherches. On avait sans doute remarqué sa compacité croissante d'amont en aval ; mais les causes de cette augmentation de densité étaient inconnues. Le rôle des fissures capillaires avait été pressenti, mais l'on ne possédait aucune expérience sur la filtration des liquides dans ce réseau. On n'avait fait qu'indiquer la présence de bandes de glace bleue au milieu de la glace bulleuse, mais sans les expliquer. Le phénomène si important de la stratification et sa persistance jusque dans les régions inférieures avait été à peu près complètement négligé. On n'avait pas apprécié à leur juste valeur les rapports qui existent entre l'étendue des glaciers et les reliefs des montagnes. La forme et la distribution des glaces sur les hauts sommets étaient à peu près inconnues. Enfin il restait à indiquer d'une manière rigoureuse la quantité dont les glaciers se déplacent dans un temps donné et leur vitesse relative sur les différents points de leur cours.

Des problèmes de cette nature n'étaient pas du ressort des observations éphémères comme celles qu'on peut faire dans une course de montagne. Il fallait remplacer les observations passagères par des séries d'expériences faites d'une manière continue sur quelque grand glacier des Alpes. Il fallait, en un mot, vivre, pour ainsi dire, dans l'intimité du glacier, pour lui arracher les secrets de sa formation et de sa marche annuelle. Sans connaître encore toutes les difficultés de la tâche que j'allais

Digitized by Google



AGASSIZ

Digitized by Google

Digitized by Google

entreprendre, je ne reculai pas devant les sacrifices qu'elle m'imposait. Ce fut en 1841 que je commençai la nouvelle série des travaux dont je vais rendre compte dans cet ouvrage. Je choisis pour théâtre de mes investigations, le glacier de l'Aar que j'avais déjà habité en 1840 et qui, par son étendue, son accès facile et la proximité de l'hospice de Grimsel, m'avait paru le plus approprié au but que je poursuivais.

La première année (1841), je dirigeai surtout mon attention sur la structure de la glace, sur les fissures capillaires, sur la disposition des crevasses. Des observations nombreuses furent faites sur la température de l'intérieur du glacier, et sur la quantité d'eau qui s'accumule au fond des cavités ; je consacrai un soin tout particulier à l'étude des glaces dans les hautes régions, et j'entrepris même dans ce but l'ascension de la Jungfrau, le 28 août 1841. Enfin, j'eus soin d'aligner au travers du glacier un certain nombre de pieux et de déterminer la position exacte d'une série de blocs destinés à me faire connaître l'avancement exact du glacier dans un temps donné.

Ces signaux relevés au commencement de l'été de 1842, constituent le premier document précis que l'on possède sur l'avancement des glaciers.

(*Nouvelles études et expériences sur les glaciers actuels.* Introduction.)

Les poissons fossiles.

Les écailles qui garnissent la peau des poissons présentent, dans leur forme et dans leur structure, des différences auxquelles les ichthyologistes ont d'abord attaché assez peu d'importance, mais qui n'ont pu manquer d'être remarquées par les naturalistes qui se sont occupés des espèces de l'ancien monde, puisque ces écailles, ou même leur

Digitized by Google

empreinte, sont souvent la seule trace qu'aient laissée ces animaux de leur existence, et qu'on a dû chercher à en faire usage à défaut des caractères plus saillants sur lesquels on s'appuie pour la classification des espèces vivantes. C'est ainsi que déjà, pour les végétaux fossiles, on a dû tenir compte de la distribution des nervures des feuilles, des cicatrices laissées sur les troncs, et d'une foule de circonstances auxquelles on ne jugeait pas souvent qu'il fût utile d'avoir égard. Ce n'est pas ici le lieu d'insister sur les avantages qui résulteront, relativement à la connaissance des espèces vivantes, de la nécessité où l'on s'est vu d'approfondir, pour la détermination des espèces fossiles, des points trop négligés; ce que nous devons dire seulement, c'est que, pour les poissons, on a été conduit à reconnaître que la disposition de l'enveloppe écailleuse qui protège leur corps est liée par d'étroits rapports à leur organisation intérieure, comme elle l'est aux circonstances extérieures, au milieu dans lequel vivent ces animaux.

Considérées sous ce point de vue, les écailles peuvent être envisagées comme le reflet superficiel de ce qui se passe à l'intérieur et à l'extérieur du poisson. Aussi, en les examinant, j'ai trouvé qu'elles pouvaient conduire à une distribution très naturelle des poissons. Guidé par ces considérations, j'ai établi quatre ordres qui présentent quelques rapports avec les divisions d'Artedi et de Cuvier, mais dont l'un complètement méconnu jusqu'ici, est presque exclusivement formé de genres dont on ne trouve les espèces que dans les couches anciennes de l'écorce de notre globe. Ces quatre divisions sont : les Placoïdes qui comprennent les poissons cartilagineux de Cuvier, à l'exclusion des esturgeons; les Ganoïdes qui comprennent plus de cinquante genres éteints, et desquels il faut rapprocher les plectognathes, les syngnathes et les accipenser; les Cténoïdes qui sont les acanthoptérygiens de Cuvier et d'Artédi, en en excluant tous ceux qui ont les écailles

Digitized by Google

lisses, et y adjoignant en revanche les pleuronectes ; enfin les Cycloïdes qui sont les malacoptérygiens (moins les pleuronectes rapportés comme il vient d'être dit dans l'ordre précédent), auxquelles il faut joindre toutes les familles exclues des acanthoptérygiens de Cuvier.

Pour bien comprendre les résultats généraux déjà obtenus, relativement aux poissons fossiles, il est nécessaire de jeter un coup d'œil sur les poissons vivants.

On connaît maintenant environ huit cents espèces de poissons. De ce nombre, plus des trois quarts appartiennent à deux ordres de cette classe, dont la présence n'a pas encore été reconnue dans les terrains antérieurs à la craie, c'est-à-dire aux cycloïdes et aux cténoïdes ; en sorte qu'il n'y a absolument rien d'analogue dans toute la série des terrains secondaires, jusqu'au Green-Sand ; l'autre quart se compose de placoïdes et de ganoïdes, poissons dont les espèces sont aujourd'hui très peu nombreuses, mais qui existaient seuls durant toute la période qui s'est écoulée depuis que la terre a commencé à être habitée jusqu'au moment où ont vécu les animaux du Green-Sand.

Cette distribution des ordres des poissons dans les diverses époques du monde est une chose très remarquable, dont on n'aperçoit pas les causes, mais dont on peut constater la réalité, puisque cela se réduit à une comparaison de chiffres ; et, du reste, ce n'est pas en grand seulement que nous pouvons remarquer cette dispensation régulière des groupes ; dans chaque ordre, dans chaque famille même, les genres reproduisent, par leurs affinités, des séries analogues, en sorte que les différences d'organisation deviennent des caractères distinctifs pour les époques géologiques, même dans les espèces que l'on verrait pour la première fois. Ces différences organiques essentielles ont surtout trait à la nature des téguments, et à la manière

Digitized by Google

dont la colonne vertébrale se termine dans la nageoire caudale, c'est-à-dire à la manière dont l'animal est en rapport avec le monde extérieur qui l'entoure, et à la structure de l'organe essentiel de la locomotion.

(*Les Poissons fossiles.*)

Digitized by Google

PYRAME DE CANDOLLE

Les plantes médicinales.

C'est entièrement sur la loi de l'analogie entre les propriétés et les formes extérieures, que reposent les travaux intéressants des médecins qui ont cherché à substituer les médicaments indigènes aux médicaments exotiques. Connaîtrions-nous les propriétés émétiques de nos Violettes sans l'Ipécacuana; les vertus purgatives de nos Liserons et de nos Rumex, sans la Scammonée et la Rhubarbe? Aurait-on tenté dans plusieurs pays, de se nourrir avec la racine cuisante de l'Arum, si nous eussions méconnu les propriétés utiles de la colocasse? ou de faire du pain avec le gland commun, si nos pères n'avaient pas connu le gland doux ?

Mais étendons nos regards au delà de notre Europe ; et dans ce moment où de nouveaux centres de civilisation se forment de toutes parts, où les deux Amériques, le Bengale, la Nouvelle-Hollande, offrent des colonies européennes devenues maintenant indigènes de ces pays lointains, tentons de prévoir combien les médecins et les naturalistes de ces régions, pourront être plus promptement et plus sûrement utiles à l'humanité, en se guidant dans leurs recherches sur les lois de l'analogie. Ils ont quitté l'Europe, enrichis de nos connaissances sur les propriétés de certains végétaux. Arrivés sur une terre nouvelle, ils se guident par l'analogie; que les habitants des Indes cherchent dans leurs Rubiacées un nouveau Quinquina, une nouvelle Garance, un nouvel Ipécacuana, et ils cesseront de recourir à l'Amérique et à l'Europe. C'est ainsi que les Américains deviendront de jour en jour plus indépendants de l'ancien monde, en employant aux mêmes usages que nous des végétaux

Digitized by Google

analogues : leurs Chênes leur fournissent le tan ; leurs Pins ont de la térébenthine comme ceux de l'Europe. S'il est un pays où la théorie de l'analogie, entre les formes et les propriétés, peut devenir éminemment utile, c'est l'Amérique septentrionale, qui, située à la même latitude que l'Europe, est peuplée de végétaux analogues.

Mais nous-mêmes pouvons-nous tirer une grande utilité de la recherche de médicaments et d'aliments analogues parmi des végétaux étrangers? Demandons-le à ces voyageurs qui, loin de leur patrie, épuisés par de longues navigations, retrouvent sur une côte étrangère et inconnue, des végétaux qui ressemblent à ceux de leur pays : c'est ainsi que Forster retrouvant une Crucifère (*Lepidum obraceum*) dans les îles de la mer du sud, s'en est servi avec succès comme anti-scorbutique ; c'est ainsi que Labillardière, en reconnaissant une nouvelle espèce de Cerfeuil dans son voyage autour du monde, procura à tous ses compagnons de voyage une nourriture saine et agréable. Ces applications, qui deviendront tous les jours plus fréquentes, si la loi de l'analogie est admise, tendront tous les jours aussi à en prouver l'utilité.

Il en est d'autres d'un emploi moins immédiat, mais que nous ne négligerons pas d'indiquer. Ainsi, en admettant cette théorie, on pourra mettre plus d'ordre et plus de méthode dans la description et dans la démonstration des médicaments ; on pourra présumer *a priori* la place d'un médicament dont on ignore la véritable origine : ainsi on pourra placer avec beaucoup de probabilité la gomme ammoniaque et le Sagapenum, parmi les produits des Ombellifères, le beurre de Galam parmi ceux des Laurinées, etc. ; on pourra enfin, de la connaissance des propriétés des plantes, déduire les conséquences relatives à leur classification ; j'aurai occasion de citer l'exemple du Menyanthes, dont les propriétés fébrifuges indiquaient la place parmi les Gentianées ; de même la racine vénéneuse de

Digitized by Google

PYRAME DE CANDOLLE

Digitized by Google

Digitized by Google

la Méthonique, ne prouve-t-elle pas la vérité de son rapprochement avec les Colchiacées ? L'extrême différence médicinale des Valérianes et des Dipsacées ne confirme-t-elle pas leur séparation ?

On voit donc que cette théorie, qui rapproche les connaissances médicales et botaniques, tend à perfectionner les unes par les autres, à rapprocher ces deux études autrefois tellement unies, qu'elles semblaient presque inséparables.

(*Essai sur les propriétés médicales des plantes.* Introduction.)

Les physiologies végétale et animale.

Nous devons, ce me semble, rapporter avec soin aux faits physiques et chimiques toute la partie de l'histoire des êtres organisés qui en est susceptible, mais sans forcer les explications, sans dénaturer les lois connues dans les corps bruts. Ce qui échappera à cette première classe d'explications sera propriété de tissu ou propriété vitale. Ici nous aurons à examiner si le fait se conserve intact après la mort, ou s'il ne dure que pendant la vie. Dans le premier cas, nous le considérons comme propriété de tissu ; dans le second, comme propriété vitale. Mais nous ne dissimulerons point qu'il existe une liaison intime entre la structure du tissu et la nature de la vie. La vie, en effet, résulte-t-elle des formes des êtres, ou la forme des êtres résulte-t-elle de la vie ? Problème insoluble, comme tous ceux qui tiennent à l'essence des choses !

Que si l'on vient à croire que la physiologie mérite peu d'intérêt, parce que la nature de la vie ne nous est pas connue, je demanderai si nous en savons davantage des autres forces naturelles. Connaissons-nous l'essence de l'attraction, et ne trouvons-nous pas un puissant intérêt et une immense utilité à connaître les lois d'après lesquelles elle

Digitized by Google

agit ? Connaissons-nous l'essence de l'affinité, et n'avons-nous pas cependant déjà trouvé bien des explications importantes, déduites de la connaissance encore imparfaite de ses lois ? Il en est de même de la force vitale. Nous ignorons son essence ; nous connaissons ses lois moins bien que celles de l'affinité, parce qu'elles sont plus compliquées ; mais leur étude pique vivement la curiosité, et leurs conséquences offrent beaucoup d'intérêt.

Quant à la distinction de la force vitale et de la force intellectuelle, cette difficulté est grande dans ce qui tient au règne animal ; elle est comme nulle dans la physiologie végétale ; et celle-ci offre même cet intérêt et ce moyen d'éclairer la physiologie animale, qu'en nous occupant d'êtres doués de vie, et probablement dépourvus de toute action intellectuelle, elle nous montre ainsi la force vitale dans l'état de la plus grande simplicité possible, et nous prépare par là à distinguer dans les animaux la vie qu'on y a appelé végétale, de la vie animale proprement dite.

La physiologie des végétaux, comparée à celle des animaux, présente des points de ressemblance nombreux et importants ; on doit les apprécier mais on doit craindre de les exagérer ; car ces assimilations entre deux sciences voisines ont, selon qu'elles ont été faites avec plus ou moins de sagacité, tantôt avancé, tantôt retardé la marche de celle de ces deux études qui, étant venue la dernière, a le plus subi l'influence de l'imitation.

Il y a des branches où la physiologie animale est la plus avancée. Ce sont celles où la connaissance détaillée de l'anatomie interne est la plus nécessaire ; celles où la connaissance instinctive que l'homme possède sur la nature animale dont il fait partie, pouvait l'éclairer et le guider ; celles enfin où la rapidité de certains phénomènes de la vie animale pouvait permettre d'en apprécier plus facilement les résultats.

Il est d'autres parties de la science où la physiologie

Digitized by Google

végétale a fait de son côté plus de progrès : ce sont celles qui tiennent à l'action chimique des matières nécessaires à la nutrition, parce que ces matières y sont moins variées et moins compliquées que dans le règne animal ; celles qui se rapportent à l'action des agents naturels sur les végétaux, parce que cette action étant plus considérable, a pu être mieux appréciée ; celles enfin où les expériences ont été plus faciles sur les végétaux que sur les animaux, parce qu'on n'y avait pas à lutter contre la douleur, qui dénature tant de faits relatifs à la physiologie animale.

Ces deux études peuvent donc s'entr'aider, en ce que chacune d'elles fournit des données à l'autre sur les parties où elle est elle-même peu accessible.

(*Physiologie végétale.* Considérations préliminaires.)

Pourquoi les tiges se dirigent vers la lumière.

De tous les phénomènes que présente la vie des végétaux, il en est peu qui paraissent aussi extraordinaires que l'énergie et la constance avec lesquelles leurs tiges se dirigent vers la lumière. Jusqu'ici, non seulement aucun physiologiste n'a donné l'explication de ce fait, mais encore il s'est trouvé des écrivains qui, plus poètes que naturalistes, ont attribué cette direction à quelque espèce d'instinct ou de volonté des végétaux. Je crois pouvoir prouver en peu de mots, qu'elle est une conséquence simple et nécessaire des lois connues de la végétation. Ce que j'ai à dire à cet égard paraîtra même si élémentaire, que chacun s'étonnera de ne pas l'avoir vu dans tous les livres et qu'on ne me pardonnera peut-être de l'avoir écrit qu'à cause des divagations auxquelles on s'était porté sur ce sujet.

Tout le monde sait qu'on désigne sous le nom d'*étiolement* l'état de blancheur argentée et d'allongement extra-

Digitized by Google

ordinaire des plantes crues dans l'obscurité. Tous ceux qui ont étudié cette maladie savaient déjà et je me suis assuré par des expériences directes, que l'étiolement n'est point une maladie générale mais un phénomène local. Si l'on expose à la lumière du jour une plante étiolée, elle acquiert en deux jours une couleur verte sensiblement égale à celle des plantes crues en plein jour. Si on n'expose à la lumière qu'une partie de la plante, soit une feuille ou une branche, la partie éclairée acquiert seule de la verdeur. Si l'on recouvre une place quelconque d'une feuille d'un corps opaque, cette place reste blanche, tandis que le reste devient vert. La blancheur des feuilles intérieures des choux pommés est un étiolement partiel et il serait facile d'en citer mille autres exemples. L'étiolement est donc certainement une maladie locale et non générale.

D'un autre côté, c'est une seconde proposition tout aussi certaine, qu'entre l'étiolement complet et la verdeur complète, il existe tous les degrés possibles d'intermédiaires déterminés par l'intensité de la lumière. C'est ce dont on s'assure facilement en suivant la coloration d'une plante étiolée que l'on expose au grand jour... Le même fait se présente facilement dans la nature, lorsqu'on examine les plantes crues dans les abris et dans les forêts, lorsqu'on suit l'état des feuilles qui se recouvrent les unes les autres pour former ces têtes de choux pommés.

Examinons maintenant l'état d'une plante qui n'est pas éclairée également de tous côtés, comme on le voit dans les forêts et mieux encore sur les plantes cultivées dans les chambres ou les serres chaudes. La partie de la tige exposée à la moindre lumière doit devenir nécessairement un peu plus étiolée que l'autre, par conséquent elle doit s'allonger un peu davantage, tandis que les fibres situées du côté éclairé deviennent, au contraire, un peu plus courtes et plus roides : mais il est évident que cette inégalité d'allongement entre les fibres des deux côtés opposés ne peut

Digitized by Google

avoir lieu sans que l'extrémité de la tige tende à s'incliner du côté des fibres les plus courtes, c'est-à-dire du côté de la lumière.

. . . . . .

Tout le phénomène gît donc dans l'allongement partiel produit par l'étiolement ; mais on sait d'ailleurs que l'allongement s'opère principalement dans les vaisseaux, lesquels entraînent pour ainsi dire avec eux le tissu cellulaire. Par conséquent, plus une partie de plante ou une plante aura de vaisseaux, plus elle devra se diriger vers la lumière. Dans les plantes totalement dépourvues de vaisseaux, cette direction doit être à peine sensible, parce que les cellules arrondies croissent toujours à peu près également en tous sens ; c'est pourquoi cette direction vers la lumière est presque nulle dans les cryptogames, comme certaines algues composées seulement de tissus cellulaires arrondis. Celles des cryptogames qui, comme les mousses, par exemple, sont composées de deux sortes de tissus cellulaires, l'un à cellules arrondies et l'autre à cellules tubulées, se rapprochent des végétaux vasculaires par ce dernier organe, susceptible de plus ou moins d'allongement et on y remarque une tendance lente et faible vers la lumière. Enfin, les plantes munies de vaisseaux et dans ces plantes les tiges, qui sont les organes les plus abondants en vaisseaux, présentent cette tendance de la manière la plus énergique.

Je crois donc avoir prouvé, par la combinaison de ces faits, que le phénomène jusqu'ici inexpliqué de la direction des tiges vers la lumière, rentre sans peine dans les lois connues de l'étiolement.

(*Mémoires d'Arcueil.* T. II.)

Digitized by Google

FLOURENS

La circulation du sang.

La découverte de la circulation du sang n'appartient pas, et ne pouvait guère appartenir, en effet, à un seul homme, ni même à une seule époque. Il a fallu détruire plusieurs erreurs : à chacune de ces erreurs, il a fallu substituer une vérité. Or tout cela s'est fait successivement, lentement, peu à peu.

. . . . . .

Lorsque Harvey [1] parut, tout, relativement à la circulation, avait été indiqué ou soupçonné ; rien n'était établi...

Le livre de Harvey est un chef-d'œuvre. Ce petit livre de cent pages est le plus beau livre de la physiologie. Harvey commence par les mouvements du cœur ; et, d'abord, il remarque que l'oreillette et le ventricule de chaque cœur se contractent successivement. Quand l'oreillette droite se contracte, le sang passe dans le ventricule droit ; quand le ventricule droit se contracte, le sang passe dans l'artère pulmonaire ; de l'artère pulmonaire, il passe dans la veine pulmonaire ; de la veine pulmonaire dans l'oreillette gauche, qui se contracte et le pousse dans le ventricule gauche, qui se contracte et le pousse dans l'aorte, d'où il passe dans toutes les artères, desquelles il passe aux veines, et, par les veines revient au cœur, à l'oreillette droite, d'où il était parti...

Après le cœur, viennent les artères...

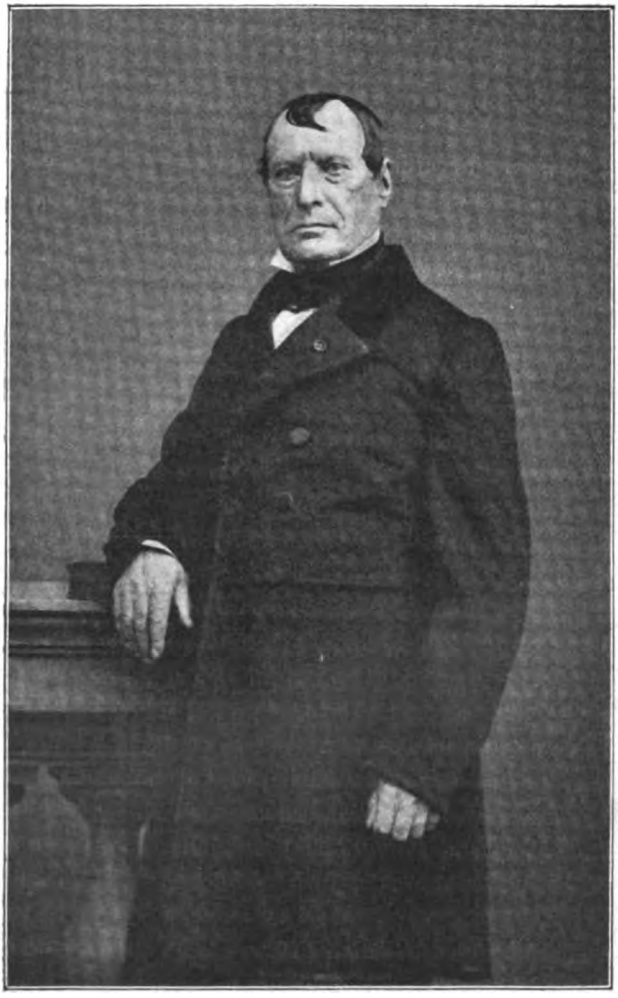
Des artères, Harvey passe aux veines...

Enfin Harvey vient à ses expériences. Il en a fait peu, mais elles sont décisives. C'est là le génie.

---

1. Médecin anglais (1578-1658).

Digitized by Google



FLOURENS

Digitized by Google

Digitized by Google

Quand on lie légèrement un membre, le sang ne s'arrête que dans les veines, parce que les veines seules sont superficielles. Quand on le lie plus fortement, le sang s'arrête aussi dans les artères, qui sont profondes.

Quand on lie une veine, le gonflement se fait *au-dessous* de la ligature ; quand on lie une artère, il se fait *au-dessus* ; le sang marche donc en sens inverse dans les veines et dans les artères : il va des parties au cœur dans les veines, il va du cœur aux parties dans les artères.

Quand on ouvre une artère quelconque, et qu'on laisse couler le sang, tout le sang sort par cette ouverture ; donc toutes les parties de l'appareil circulatoire communiquent entre elles : le cœur, les artères, les veines.

Et si l'on songe, en effet, à la prodigieuse rapidité de la marche du sang, on verra bien vite qu'il faut qu'il en soit ainsi ; car, à peine le sang entre-t-il dans le cœur qu'il en sort pour passer aux artères ; à peine est-il dans les artères qu'il en sort pour passer aux veines ; à peine est-il dans les veines qu'il passe au cœur ; il passe donc continuellement du cœur aux artères, des artères aux veines, des veines au cœur : ce mouvement, ce *retour* continuel est la *circulation*.

De la découverte de la circulation du sang date la physiologie moderne. Cette découverte marque l'avènement des modernes dans la science. Jusqu'alors ils avaient suivi les anciens. Ils osèrent marcher d'eux-mêmes. Harvey venait de découvrir le plus beau phénomène de l'économie animale. L'antiquité n'avait pu s'élever jusque là. Que devenait donc la parole du maître ? L'autorité se déplaçait. Il ne fallait plus jurer par Galien et par Aristote : il fallait jurer par Harvey.

Je raconterai, plus loin, le ridicule entêtement que la Faculté mit à repousser la circulation..., les plaisanteries inopportunes de Guy-Patin. Ce tort ne fut le tort que de la Faculté ; il ne fut pas celui de la nation. Molière se moquait de Guy-Patin ; Boileau se moquait de la Faculté. Avant

Digitized by Google

Molière et Boileau, le plus grand des grands modernes, Descartes, avait proclamé la circulation.

(*Histoire de la découverte de la circulation du sang.* Chap. I.)

L'unité du cerveau et de l'intelligence.

L'unité du cerveau proprement dit ou de l'organe, siège de l'intelligence, est un des résultats les plus importants de mes expériences sur l'encéphale.

L'organe, siège de l'intelligence, est un.

En effet, non seulement toutes les perceptions, toutes les volitions, toutes les facultés intellectuelles, en un mot, résident exclusivement dans cet organe, mais toutes y résident *indivisément*, et sans qu'aucune puisse y être séparée des autres.

Dès que l'une d'elles disparaît, toutes disparaissent : dès qu'une revient, toutes reviennent.

Elles ne forment donc toutes qu'une seule et grande *faculté*, dont toutes les facultés secondaires ne sont que des *modes*.

Ainsi que je l'ai fait voir par mes expériences :

1° On peut retrancher, soit par devant, soit par derrière, soit par en haut, soit par côté, une portion assez étendue des lobes ou hémisphères cérébraux (*cerveau proprement dit*), sans que leurs fonctions soient perdues. Une portion assez restreinte de ces lobes suffit donc à l'exercice de leurs fonctions ;

2° A mesure que ce retranchement s'opère, toutes les fonctions s'affaiblissent et s'éteignent graduellement et, passé certaines limites, elles sont tout à fait éteintes. Les lobes cérébraux concourent donc, par tout leur ensemble, à l'exercice plein et entier de leurs fonctions ;

3° Enfin (et comme je viens de le dire), dès qu'une per-

Digitized by Google

ception est perdue, toutes le sont. Il n'y a donc point de sièges divers ni pour les diverses facultés, ni pour les diverses perceptions. La faculté de percevoir, de juger, de vouloir une chose, réside dans le même lieu que celle d'en percevoir, d'en juger, d'en vouloir une autre; et conséquemment cette faculté, essentiellement une, réside essentiellement dans un seul organe.

(*De la raison, du génie et de la folie.*)

Formation des os.

Le périoste est donc la matière, l'organe, l'*étoffe* qui sert à toutes ces reproductions merveilleuses.

Le périoste est l'organe qui produit les os et qui les reproduit : aussi nulle autre partie de l'économie animale ne jouit-elle à un aussi haut degré de la faculté de se reproduire.

Quelques jours suffisent à sa reproduction ; et cette reproduction est inépuisable.

On peut retrancher une portion de périoste, elle se reproduit ; on peut la retrancher encore, et elle se reproduit encore, etc.

Et maintenant, après avoir mis dans tout son jour, après avoir démontré par tant d'expériences diverses, la faculté surprenante, et jusqu'à moi si peu connue, qu'ont les os de se reproduire, me sera-t-il défendu d'espérer que cette merveilleuse puissance sera bientôt un ressort nouveau entre les mains de la Chirurgie ?

Oh ! non, sans doute. Je m'adresse aux chirurgiens qui observent, qui pensent, qui ne voient pas, dans la Chirurgie, un simple métier de routine, mais une science, une grande science, et qui, au-dessus de cette science même, voient l'humanité.

. . . . . .

Digitized by Google

Je l'ai déjà dit, le grand ressort du développement de l'os est la mutation de la matière...

Le mécanisme du développement des os est la *rénovation*, la *mutation continuelle* de toutes les parties qui les composent. Cet os que je considère et qui s'accroît, n'a plus, en ce moment, aucune des parties qu'il avait il y a quelque temps, et bientôt il n'aura plus aucune de celles qu'il a aujourd'hui. Et, dans ce changement perpétuel de matière, sa forme change très peu. Là est une des premières et fondamentales lois qui régissent les corps vivants. Dans tout ce qui a vie, la forme est plus persistante que la matière.

. . . . . .

Il est impossible que, parvenu au point où nous sommes, le lecteur ne soit pas frappé de l'aspect nouveau sous lequel se présentent les *forces de la vie*.

La matière n'est, selon l'heureuse expression de G. Cuvier, que *dépositaire* de ces forces. La matière actuelle, la matière qui est à présent, ne les a qu'en dépôt ; elle les a *reçues* de la matière qui l'a précédée ; elle ne les a reçues que pour les *rendre* à la matière qui la remplacera bientôt.

Ainsi donc, la matière passe, les forces restent.

La loi, la grande loi qui fixe le rapport des forces avec la matière, dans les corps vivants, est donc, d'une part la *permanence des forces*, et, de l'autre, la *mutation de la matière*.

La *force* seule est donc stable.

Un philosophe de nos jours a défini l'*homme* : une intelligence servie par des organes.

Je définis la *vie* : un ensemble de forces servies par la matière.

(*Théorie expérimentale de la formation des os.*)

Digitized by Google

LYELL [1]

L'épaisseur constante du sol végétal.

... A l'égard de la formation des récifs de coraux, il est probable que presque toute la matière dont ils sont composés provient des sources minérales qui jaillissent souvent du fond de la mer, et qui, sur les continents, abondent dans des régions volcaniques de plusieurs centaines de lieues d'étendue. La matière ainsi produite incessamment ne continuerait pas à s'accumuler dans les eaux ; elle se précipiterait dans les abîmes de la mer, lors même que celle-ci ne renfermerait ni polypes ni testacés ; mais ces animaux arrêtent et secrètent le carbonate de chaux sur les sommets des montagnes sous-marines, et forment des récifs de plusieurs centaines de pieds d'épaisseur sur des centaines de milles de longueur, en des lieux où d'autres êtres n'auraient jamais pu exister.

Si des masses aussi volumineuses que celles dont nous venons de parler ne s'amoncellent point à la surface des continents, ce n'est pas qu'il manque de matière solide dans la structure des animaux et des plantes terrestres, mais c'est uniquement, ainsi que je l'ai souvent constaté, parce que la terre ferme constitue ces portions du globe où non seulement il peut à peine s'effectuer la moindre accumulation de matière, mais où, au contraire, les parties les plus solides déjà formées sont, chacune à leur tour, exposées à une destruction graduelle. La quantité de bois de construction et de matière végétale que produit, en un siècle, une forêt tropicale, est énorme et le nombre de squelettes d'animaux, de coquilles terrestres et d'autres substances organiques, qui s'y accumulent dans le même espace de

1. Géologue anglais (1797-1875).

Digitized by Google

temps, n'est pas moins prodigieux. L'ensemble de ces matériaux pourrait donc constituer une masse plus volumineuse que celle qui se forme dans quelque récif que ce soit pendant le même nombre d'années ; mais lors même que cette accumulation se continuerait indéfiniment sur la terre ferme, aucune montagne composée de bois ou d'ossement ne s'étendrait sur toute la contrée, ou ne s'avancerait sous forme de hardis promontoires dans la mer. Toute la masse solide est dévorée par des animaux ou décomposée, ainsi que cela a lieu pour une portion de la roche et du sol qui supportent les animaux et les plantes.

(*Principes de géologie*. T. IV. Traduction par Mme Meulien.)

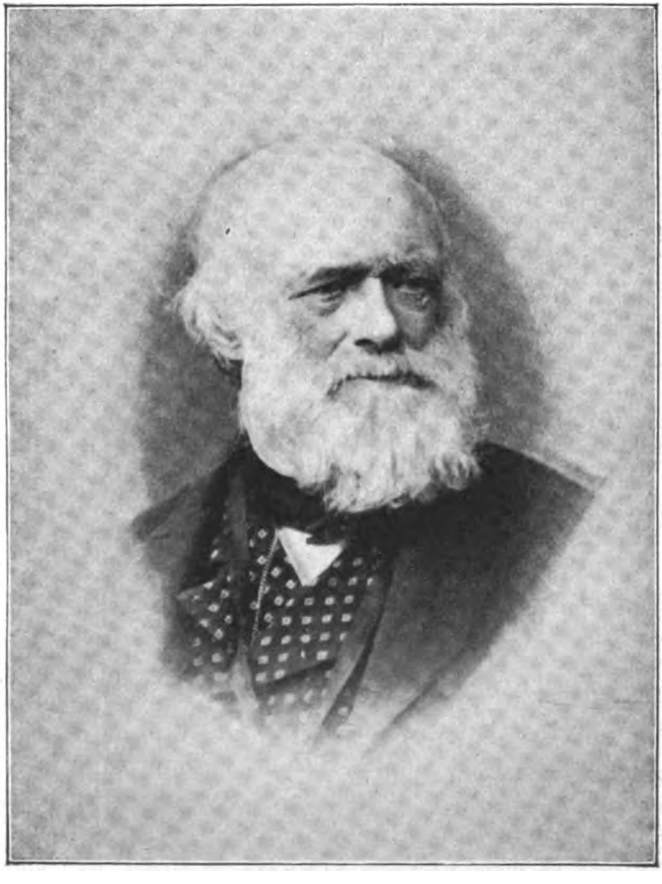
Les âges de la pierre, du fer et du bronze.

Il a été constaté qu'un instrument en pierre a été trouvé enfoui à une grande profondeur dans la tourbe sous un tronc de pin d'Écosse. On a recueilli une variété considérable d'ustensiles de cette nature et d'autres produits de l'industrie humaine conservés dans la tourbe ou dans les dunes sableuses de la côte, et aussi dans certains monticules de coquilles dus aux aborigènes et dont nous allons maintenant parler. C'est par l'étude de ces matériaux que les antiquaires et naturalistes suédois et danois, MM. Thomsen, Nilsson, Worsaae, Steenstrup, Forchhammer, et autres, ont réussi à établir une succession chronologique de périodes qu'ils ont appelées les âges de la pierre, du bronze et du fer, ainsi nommés d'après les matières qui, chacune à leur tour, ont servi à la fabrication des instruments.

L'âge de la pierre, en Danemark, coïncidait avec la période de la première végétation, ou celle du pin d'Écosse, et en partie au moins avec celle de la seconde végétation, celle du chêne.

Mais une partie considérable de l'époque du chêne a coïn-

Digitized by Google



LYELL

Digitized by Google

Digitized by Google

cidé avec l'âge du bronze, car les épées et les boucliers de ce métal qui sont maintenant au musée de Copenhague proviennent des couches de tourbe où le chêne abonde. L'âge du fer, plus récent, correspond au bouleau.

M. Morlot, auquel nous devons une esquisse faite de main de maître des progrès récents des recherches exécutées dans cette nouvelle direction en Suisse et en Scandinavie, fait remarquer que l'apparition des premiers outils de bronze chez un peuple ignorant jusque-là l'usage des métaux dénote un état fort avancé de l'industrie, car le bronze est un alliage d'environ neuf parties de cuivre contre une d'étain; et s'il est vrai que le premier de ces métaux, le cuivre, ne soit pas, à vrai dire, rare, et se trouve accidentellement pur ou à l'état natif, par contre, l'étain non seulement est rare, mais ne se trouve jamais à l'état natif.

Découvrir l'existence de ce métal dans son minerai, le dégager de sa gangue, le mélanger avec le cuivre dans les proportions voulues, couler le mélange fondu dans un moule en lui laissant acquérir de la dureté par un refroidissement lent, tout cela sont des opérations annonçant une grande sagacité et une grande habileté de manipulation; d'ailleurs, les poteries trouvées avec les armes de bronze sont d'un style meilleur et beaucoup plus orné qu'aucune de celles qui appartiennent à l'âge de pierre. On a trouvé quelques-uns des moules ayant servi à fondre les instruments de bronze et ce que l'on appelle les « jets » de bronze, qui se forment dans le trou par lequel se fait la coulée du métal. Le nombre et la variété des objets appartenant à l'âge du bronze en indiquent la longue durée, comme le fait aussi pressentir le contraste entre la grossièreté des premiers outils, simples répétitions le plus souvent de ceux de l'âge de pierre, et le travail bien plus soigné des armes de la dernière partie de cette période.

On a énoncé l'opinion qu'un âge du cuivre doit toujours s'être interposé entre l'âge de la pierre et celui du bronze.

Digitized by Google

Si cela est, l'intervalle paraît avoir été bien court en Europe ; cela paraît tenir à ce que le territoire occupé par les aborigènes aurait été envahi et conquis par un peuple venant de l'est, et familiarisé avec les usages des lances et autres armes de bronze. Cependant on a trouvé des hachettes de cuivre dans les tourbes du Danemark.

La phase suivante du progrès, caractérisée par la substitution du fer au bronze, indique un autre grand pas dans les progrès des arts. Le fer, sauf dans les météorites, ne se présente jamais à l'état naturel, de sorte que la reconnaissance de ses minerais et la séparation du métal de sa gangue est une opération qui exige l'emploi de grands moyens d'observation et d'invention. La fusion du minerai exige une chaleur intense que l'on ne peut obtenir que par des procédés artificiels, et en se servant de soufflerics alimentées par le souffle de l'homme, par des soufflets, ou quelque autre machine appropriée.

(*L'Ancienneté de l'homme.*)

Les cités lacustres.

Dans les parties basses de plusieurs lacs de Suisse, en des points où la profondeur atteint 1m,50 ou 4m,50 au plus, on a observé d'anciens pilotis de bois, renversés quelquefois sur le fond de vase, et quelquefois le dépassant légèrement. Ils ont évidemment servi de supports à des villages dont les plus anciens appartenaient certainement à l'âge de pierre, car des centaines d'instruments semblables à ceux des monticules de coquilles et des tourbières du Danemark ont été retirés de la vase dans laquelle les pilotis étaient enfoncés.

La première description historique relative à des habitations de cette nature est la relation, que nous a donnée Hérodote, d'une tribu de la Thrace, qui habitait, en l'an 250

Digitized by Google

avant J.-C., le lac Prasias : c'est un petit lac des montagnes de la Péonie, pays qui maintenant fait partie de la Roumélie moderne.

Leurs habitations étaient construites sur des plates-formes élevées au-dessus du lac et reposant sur des pilotis. Elles étaient reliées au rivage par une étroite chaussée de construction analogue. Ces plates-formes doivent avoir couvert une étendue considérable, car les Péoniens y vivaient avec leurs familles et leurs chevaux. La nourriture se composait en grande partie du poisson que le lac produisait en abondance.

Un pareil poste, isolé dans une île, devait à cette époque grossière et peu tranquille, offrir une sûre retraite, toute communication avec la terre étant interceptée, excepté par bateaux ou par des ponts de bois construits de façon à pouvoir s'enlever facilement.

Les habitations lacustres de la Suisse paraissent avoir pour la première fois attiré l'attention pendant l'hiver très sec de 1853-1854, où les rivières et les lacs atteignirent le niveau le plus bas qu'on leur eût jamais connu, et où les habitants de Meilen, sur le lac de Zurich, entreprirent d'élever la surface d'un certain espace et de le transformer en terrain émergé, en y jetant la vase qu'ils draguaient dans les eaux basses environnantes. Pendant les travaux de dragage on découvrit une grande quantité de pilotis de bois profondément enfoncés dans le lit du lac, et, entre eux, beaucoup de marteaux, de haches et d'autres instruments. Tous ces objets appartenaient à l'âge de pierre, sauf deux exceptions, un bracelet en fil de laiton et une petite hachette de bronze.

Les fragments de poterie grossière façonnée à la main étaient abondants, ainsi que les morceaux de bois carbonisés ayant probablement fait partie de la plate-forme sur laquelle reposaient les cabanes de bois. Ces morceaux de bois de charpente carbonisés se trouvèrent en telle quantité

Digitized by Google

en ce point et en d'autres explorés ensuite, qu'on est conduit à conclure que la majeure partie de ces établissements ont dû périr par le feu. Hérodote nous rapporte que les Péoniens, cités plus haut, conservèrent leur indépendance pendant l'invasion des Perses et défièrent les attaques de Darius, grâce à la position particulière de leurs habitations. « Ce qui les sauva, remarque M. Wylie, c'est probablement la position de leurs demeures au milieu du lac, tandis que les anciens habitants de la Suisse étaient forcés, par l'accroissement rapide de la profondeur de l'eau sur les bords de leurs lacs, de construire leurs habitations à une faible distance du rivage ; ils se trouvaient ainsi à petite portée d'arc de la terre, et par conséquent à portée aussi des projectiles enflammés contre lesquels des toits de chaume et des murs de bois étaient une faible protection. »

C'est probablement à ces circonstances et aux incendies accidentels, que nous devons la conservation fréquente, dans la vase environnant les emplacements de ces anciennes demeures, des outils et des objets travaillés les plus précieux, et tels qu'il n'en a jamais dû être jeté dans les monticules de coquilles du Danemark, qu'on a fort bien comparés à de modernes trous à fumier.

Le docteur Ferdinand Keller, de Zurich, a rédigé une série de fort intéressants mémoires illustrés de planches bien faites, représentant les trésors de pierre, de bronze et d'os qui sont sortis de ces gisements noyés, et a donné une restauration idéale d'une partie de ces villages, tel qu'il conçoit qu'ils ont dû exister sur les lacs de Zurich et de Bienne. Pour dessiner cette vue, il ne s'en est pourtant pas simplement rapporté à son imagination, mais s'est servi d'un croquis d'habitations semblables, publié par Dumont-Durville et pris dans la Nouvelle-Guinée, chez les Papous de la baie de Dorei. Il est d'ailleurs établi par le docteur Keller que sur la rivière Limmat, près de Zurich, il y avait encore au siècle dernier plusieurs huttes de pêcheurs bâties sur le

Digitized by Google

même plan. Une de ces cabanes était circulaire. Il est probable que telle était la forme d'un certain nombre de celles de Suisse ; du moins peut-on le conclure à peu près de la forme de quelques morceaux de terre glaise ayant servi de parement intérieur, et qui paraissent devoir leur conservation à l'action du feu qui les a durcis lors de l'incendie du village.

(*L'Ancienneté de l'homme.*)

Digitized by Google

ÉLIE DE BEAUMONT

Le fer et la fonte.

Le but que nous nous proposons n'est pas d'indiquer quelle est la méthode préférable à adopter lorsqu'on veut élever un établissement; on sait que rarement on a ce choix à faire, l'abondance du charbon de bois ou de la houille ayant résolu d'avance cette question; nous désirons seulement établir que dans l'introduction des procédés anglais en France, il est à propos de leur donner d'abord la préférence dans l'affinage du fer et de réserver par ce moyen le charbon de bois pour produire la fonte.

La position relative des mines de houille et de fer en France, l'extrême différence qui existe entre les rapports du prix de la fonte à celui du fer, dans le travail à la houille et dans le travail au charbon de bois, enfin la qualité des fers que le commerce a l'habitude de consommer en France, sont les seuls motifs sur lesquels notre opinion est basée.

Nous avons vu qu'en Angleterre les minerais de fer et la houille appartiennent aux mêmes terrains et que les hauts fourneaux étaient élevés au centre des exploitations. Jusqu'à présent nos houillères n'ont fourni qu'une quantité de fer carboné, insuffisante pour entretenir une grande usine, et les gîtes de minerai, ordinairement exploités en France, sont situés à une assez grande distance des bassins houillers : il faut en excepter les minières d'Alais, de Firminy et de Decazeville.

. . . . . .

L'avenir le plus prochain et le plus avantageux des usines à fer en France serait dans la destruction d'une grande partie des anciens feux d'affinement et leur remplacement par

Digitized by Google

ÉLIE DE BEAUMONT

Digitized by Google

Digitized by Google

des forges anglaises, établies sur les bassins houillers, voisins des canaux, des rivières ou des chemins de fer.

La destruction d'une partie des foyers d'affinement permettrait de doubler la production de la fonte au bois...

Enfin, l'établissement de forges anglaises en France, et l'exploitation des mines de houille, amèneront nécessairement une baisse dans le prix des bois, et par suite la substitution des fontes au bois aux fontes au coke dans ces établissements, offrira de nouveaux avantages.

En comparant les détails des comptes que nous avons présentés pour construire une usine anglaise, avec le relevé des frais qu'occasionne un établissement semblable sur le continent, on pourra juger en quoi consiste la différence entre les dépenses d'une usine à créer en Angleterre ou dans un autre pays; on verra jusqu'à quel point il convient d'acheter des machines en Angleterre et d'en supporter les frais de transport et les droits d'entrée. Les fabricants du continent pourront ainsi se faire une idée des avantages avec lesquels ils peuvent lutter contre les forges de la Grande-Bretagne, sous la protection d'un droit déterminé.

Les prix de fabrication ont leur limite inférieure dans le prix de la main-d'œuvre, et celui-ci, comme on le sait, n'est altéré que par un concours de circonstances que des évènements extraordinaires ou passagers, ou une longue série d'années peuvent seuls amener. Il paraît aujourd'hui, en Angleterre, surtout dans le Staffordshire, on a à peu près atteint cette limite inférieure; le grand nombre d'usines en chomage l'atteste. Il est vrai que l'on peut aussi attribuer cette stagnation du commerce du fer, au manque de débouchés. Il ne nous semble pas probable cependant que, lors même que l'on ouvrirait de nouveaux marchés au débit de ces produits, les maîtres de forges anglais, ou du moins ceux de Staffordshire, pussent, tout en remettant en activité leurs usines aujourd'hui arrêtées, supporter encore

Digitized by Google

une baisse de quelque importance dans les prix de vente. Il n'en serait peut-être pas de même dans le pays de Galles.

Nous avons déjà dit que dans l'introduction du procédé anglais en France, il serait à propos de donner d'abord la préférence à l'emploi de la houille dans l'affinage du fer, et de réserver par ce moyen le charbon de bois pour produire de la fonte.

Malgré le capital énorme que nécessitent l'érection et le roulement d'une forge à l'anglaise, l'établissement d'usines de ce genre apporte une économie considérable dans la transformation de la fonte en fer... Espérons qu'elle (cette vérité) sera bientôt reconnue universellement, et que la substitution de fours à réverbère chauffés avec de la houille, à nos forges actuelles, devenant générale, la plus grande partie de l'immense quantité de charbon de bois que celles-ci consomment aujourd'hui, pourra être consacrée à la production de la fonte, dont l'accroissement devra doubler. Nous serions heureux si nous pouvions penser que notre travail contribuera pour quelque chose à l'introduction des améliorations que réclame chez nous cette branche d'industrie.

(*Voyage métallurgique en Angleterre.* T. II.)

La géologie des environs de Paris.

Les rivières qui, comme l'Yonne, la Seine, la Marne, l'Aisne, l'Oise, convergent vers le centre du bassin parisien, traversent les crêtes successives dans des défilés que les révolutions du globe ont ouverts pour elles.

Ces mêmes crêtes forment les lignes naturelles de défense de notre territoire, et les opérations stratégiques de toutes les armées qui l'ont attaqué ou défendu s'y sont toujours coordonnées par la force même des choses.

Jamais cette vérité n'a été mise plus vivement en lumière

Digitized by Google

que dans la mémorable campagne de 1814. Sur la crête la plus intérieure formée par le terrain tertiaire, ou tout près d'elle, se trouvent les champs de bataille de Montereau, de Nogent, de Sézanne, de Vauchamps, de Montmirail, de Champaubert, d'Epernay, de Craonne et de Laon.

Sur la deuxième crête, formée par la craie, se trouvent Troyes, Brienne, Vitry-le-François, Sainte-Menehould. Là aussi se trouve Valmy !

La troisième crête, beaucoup moins prononcée et plus inégale, présente cependant les défilés de l'Argonne.

Près de la quatrième ligne saillante, qui déjà appartient au terrain jurassique, se trouvent Bar-sur-Seine, Bar-sur-Aube, Bar-le-Duc, Ligny.

Près de la cinquième. qui est également jurassique, sont Châtillon-sur-Seine, Chaumont, Toul, Verdun.

La sixième, déjà un peu excentrique, est formée par les coteaux élevés qui dominent Nancy et Metz, et qui s'étendent sans interruption depuis Langres jusqu'à Longwy, Montmédy, et jusqu'aux environs de Mézières.

Paris est placé au milieu de cette sextuple circonvallation opposée aux incursions de l'Europe, et traversée par les vallées convergentes des rivières principales.

Vers le Nord-Est, la branche orientale du grand jurassique ne se rencontre que souterrainement et cesse de saillir à la surface ; aussi ne trouve-t-on plus dans cette direction les mêmes lignes naturelles de défense. Mais depuis longtemps on a senti la nécessité d'y suppléer par des moyens artificiels, et l'on a renforcé par une triple ligne de places fortes cette partie faible de nos frontières.

On voit donc que l'emplacement de Paris avait été préparé par la nature, et que son rôle politique n'est, pour ainsi dire, qu'une conséquence de sa position. Les principaux cours d'eau de la partie septentrionale de la France convergent vers la contrée qu'il occupe, d'une manière qui nous paraîtrait bizarre, si elle nous était moins utile et si

Digitized by Google

nous y étions moins habitués. Enfin la nature, prodigue pour cette même partie de la France, l'a dotée d'un sol fertile et d'excellents matériaux de construction. Environnée de contrées beaucoup moins favorisées, telles que la Champagne, la Sologne, le Perche, elle forme au milieu d'elles comme une oasis. L'instinct qui a dicté à nos ancêtres le nom d'Ile-de-France, pour la province dont Paris était la capitale, résume d'une manière assez heureuse les circonstances géologiques de sa position.

Ce n'est donc ni au hasard ni à un caprice de la fortune que Paris doit sa splendeur, et ceux qui se sont étonnés de ne pas trouver la capitale de la France à Bourges ont montré qu'ils n'avaient étudié que d'une manière superficielle la structure de leur pays. Cette capitale n'a pris naissance et surtout n'a grandi, là où elle se trouve, que par l'effet de circonstances naturelles résultant, en principe, de la structure intérieure de notre sol. On en trouve le reflet dans le groupement des intérêts et des populations, de même qu'on voit la différence des climats influer sur les lois des différents peuples.

On peut même remarquer encore, à ce sujet, que les circonstances géologiques qui font, du lieu où se trouve Paris, l'emplacement naturel de la capitale de la France, ont en même temps favorisé l'extension de son influence en Europe. Comme, du côté du Nord-Est, la France n'a pas de frontières nettement déterminées, rien, de ce côté, ne limite complètement l'influence de Paris, et cette grande ville se trouve être, de fait, la capitale intellectuelle de vastes contrées qui s'étendent au loin vers le Nord-Est.

(*Description de la carte géologique de France.* En collaboration avec M. Dufresnoy.)

Digitized by Google

Les chaînes de montagnes.

Les montagnes qui accidentent et diversifient la surface du globe ne sont pas répandues au hasard comme les étoiles dans le ciel. Elles forment des groupes ou systèmes dans chacun desquels une analyse rigoureuse fait distinguer les éléments d'une ordonnance générale, dont les constellations célestes ne présentent aucune trace.

Les montagnes ne sont généralement pas isolées ; le plus souvent elles tiennent l'une à l'autre, de manière à ce qu'on ne puisse faire le tour entier de l'une sans monter à une hauteur égale à la moitié ou au tiers de la hauteur moyenne de leurs cimes.

Ces montagnes, dont les bases se joignent et semblent se pénétrer, forment par leur assemblage des protubérances allongées auxquelles on donne le nom de *chaînes de montagnes*. Les chaînes de montagnes sont rectilignes, ou susceptibles d'être décomposées en éléments rectilignes, auxquels on donne le nom de chaînons.

Les différents chaînons de montagnes que présente une vaste contrée se rallient généralement à un nombre limité d'orientations, dont chacune se répète, comme à plaisir, dans un grand nombre de chaînons de montagnes et d'accidents topographiques de diverses natures.

Les différentes montagnes et les divers accidents topographiques de la surface du globe se rattachent à un grand nombre de systèmes de montagnes. Leur nombre total est encore indéterminé.

(*Notice sur les systèmes de montagnes*. T. I.)

Digitized by Google

DARWIN

La sélection naturelle.

Comme il naît beaucoup plus d'individus qu'il n'en peut vivre, et comme en conséquence la lutte se renouvelle souvent entre eux au sujet des moyens d'existence, il s'ensuit que si quelque être varie, si légèrement que ce puisse être, d'une manière qui lui soit personnellement avantageuse sous des conditions de vie complexes et souvent variables, il aura toute chance de survivre et sera ainsi naturellement élu. De plus, il suit des puissantes lois de l'hérédité que toute variété élue aura une tendance à propager sa forme nouvellement modifiée... Je suis donc convaincu que les espèces ne sont pas immuables, mais que toutes celles qui appartiennent à ce qu'on appelle le même genre sont la postérité directe de quelque autre espèce [généralement éteinte; de la même manière que les variétés reconnues d'une espèce quelconque descendent en droite ligne de cette espèce. Enfin j'ai l'opinion que le mode principal, mais non pas exclusif de leurs modifications successives, est la *sélection naturelle*.

(*Origine des espèces.*)

Les animaux composés.

Chez un autre petit bryozoaire fort élégant (*Crisia*?), chaque cellule porte une sorte de brosse à longues dents qui a la faculté de se mouvoir rapidement. Chacune de ces brosses et chacune des têtes de vautour se meuvent ordinairement indépendamment des autres ; mais quelquefois toutes celles situées sur les deux côtés d'une branche,

Digitized by Google

quelquefois celles situées d'un côté seulement, se meuvent en même temps; d'autres fois chacune se meut successivement après sa voisine. Ces actes nous présentent évidemment une transmission aussi parfaite de la volonté chez le zoophyte, bien qu'il soit composé de milliers de polypes distincts, que celle que nous pouvons observer chez un animal. Nous avons déjà vu d'ailleurs que la plume de mer se retirait entièrement dans le sable, sur la côte de Bahia Blanca, dès qu'on touchait une de ses parties. Je puis constater un autre exemple d'action uniforme, bien que d'une nature toute différente, chez un zoophyte très proche parent des Clytia et par conséquent très simplement organisé. Je conservais chez moi une grosse touffe de cet animal dans un bassin plein d'eau salée; la nuit, dès que je touchais une partie quelconque d'une de ses branches, la masse entière devenait admirablement phosphorescente, émettant une lumière verte; je ne crois pas d'ailleurs avoir vu un corps plus magnifiquement phosphorescent. Mais ce qu'il y a de remarquable, c'est que les éclats lumineux partaient de la base pour remonter jusqu'à l'extrémité de toutes les branches.

L'étude des animaux composés m'a toujours vivement intéressé. Que peut-il y avoir de plus remarquable que de voir un corps ressemblant à une plante produisant un œuf doué de la faculté de nager et de choisir un endroit convenable pour s'y fixer? Puis cet œuf se développe sous forme de branchages portant chacun d'innombrables animaux distincts qui ont souvent des organismes fort compliqués. Ces branchages, en outre, portent quelquefois, comme nous venons de le voir, des organes qui ont la propriété de se mouvoir et qui sont indépendants du polype. Quelque surprenante que doive toujours paraître cette réunion d'individus distincts sur une tige commune, chaque arbre nous présente le même phénomène, car on doit considérer ses bourgeons comme autant de plantes individuelles. Toutefois

Digitized by Google

il paraît tout naturel de considérer un polype qui possède une bouche, des intestins et d'autres organes comme un individu distinct, tandis que l'individualité d'un bourgeon ne se conçoit pas aussi facilement. Aussi la réunion d'individus distincts sur un corps commun est-elle plus frappante dans une colonie de zoophytes que dans un arbre. On conçoit plus facilement ce que peut être un animal composé dont, sous quelques rapports, l'individualité de chaque partie n'est pas complète, si l'on se souvient que l'on peut produire deux créatures distinctes en en coupant une seule avec un couteau et que la nature elle-même se charge souvent de la bissection. Nous pouvons considérer les polypes d'un zoophyte ou les bourgeons d'un arbre comme des cas où la division de l'individu ne s'est pas complètement opérée. Il est certain que dans le cas des arbres et à en juger par analogie, dans le cas des zoophytes, les individus propagés au moyen de bourgeons semblent avoir entre eux une parenté bien plus intime que celle qui existe entre les œufs ou les graines et leurs parents. Il semble maintenant bien établi que les plantes propagées au moyen de bourgeons ont toutes une vie égale en durée ; et chacun sait que des caractères singuliers et nombreux se transmettent sûrement au moyen des bourgeons, des boutures et des greffes, caractères qui ne se transmettent jamais ou qui ne se transmettent que bien rarement par les graines.

(*Voyage d'un naturaliste autour du monde.* Traduction BARBIER.)

L'hypothèse de l'évolution.

Certains auteurs éminents semblent pleinement satisfaits de l'hypothèse que chaque espèce a été créée d'une manière indépendante. A mon avis, il me semble que ce que nous savons des lois imposées à la matière par le

Digitized by Google

Créateur s'accorde mieux avec l'hypothèse que la production et l'extinction des habitants passés et présents du globe sont le résultat de causes secondaires, telles que celles qui déterminent la naissance et la mort de l'individu. Lorsque je considère tous les êtres, non plus comme des créations spéciales, mais comme les descendants en ligne directe de quelques êtres qui ont vécu longtemps avant que les premières couches du système cumbrien aient été déposées, ils me paraissent anoblis. A en juger par le passé, nous pouvons en conclure avec certitude que pas une des espèces actuellement vivantes ne transmettra sa ressemblance intacte à une époque future bien éloignée, et qu'un petit nombre d'entre elles auront seules des descendants dans les âges futurs, car le mode de groupement de tous les êtres organisés nous prouve que, dans chaque genre, le plus grand nombre des espèces, et que toutes les espèces dans beaucoup de genres, n'ont laissé aucun descendant, mais se sont totalement éteintes. Nous pouvons même jeter sur l'avenir un coup d'œil prophétique et prédire que ce sont les espèces les plus communes et les plus répandues, appartenant aux groupes les plus considérables de chaque classe, qui prévaudront ultérieurement et qui procréeront des espèces nouvelles et prépondérantes. Comme toutes les formes actuelles de la vie descendent en ligne directe de celles qui vivaient longtemps avant l'époque cumbrienne, nous pouvons être certains que la succession régulière des générations n'a jamais été interrompue et qu'aucun cataclysme n'a bouleversé le monde entier. Nous pouvons donc compter avec quelque confiance sur un avenir d'une incalculable longueur. Or, comme la sélection naturelle n'agit que pour le bien de chaque individu, toutes les qualités corporelles et intellectuelles doivent tendre à progresser vers la perfection.

Il est intéressant de contempler un rivage luxuriant tapissé des nombreuses plantes appartenant à de nom-

Digitized by Google

breuses espèces abritant des oiseaux qui chantent dans les buissons, des insectes variés qui voltigent çà et là, des vers qui rampent dans la terre humide, si l'on songe que ces formes si admirablement construites, si différemment conformées, et dépendantes les unes des autres d'une manière si complexe, ont toutes été produites par des lois qui agissent autour de nous. Ces lois prises dans leur sens le plus large, sont la loi de croissance et de reproduction; la loi d'hérédité qu'implique presque la loi de reproduction; la loi de variabilité, résultant de l'action directe et indirecte des conditions d'existence, de l'usage et du défaut d'usage; la loi de la multiplication des espèces en raison assez élevée pour amener la lutte pour l'existence, qui a pour conséquence la sélection naturelle, laquelle détermine la divergence des caractères, et l'extinction des formes moins perfectionnées. Le résultat direct de cette guerre de la nature, qui se trahit par la famine et par la mort, est donc le fait le plus admirable que nous puissions concevoir, à savoir : la production des animaux supérieurs. N'y a-t-il pas une véritable grandeur dans cette manière d'envisager la vie, avec ses puissances diverses attribuées primitivement par le Créateur à un petit nombre de formes, ou même à une seule? Or, tandis que notre planète, obéissant à la loi fixe de la gravitation, continue à tourner dans son orbite, une quantité infinie de belles et admirables formes, sorties d'un commencement si simple, n'ont pas cessé de se développer, et se développent encore.

(*L'origine des espèces.* Traduction BARBIER.)

La promotion du singe.

Pour décider si l'homme est le descendant modifié de quelque forme préexistante, il faut d'abord s'enquérir s'il varie, si peu que ce soit, dans sa conformation corporelle

Digitized by Google

et dans ses facultés mentales; et cela étant, si les variations se transmettent à sa progéniture conformément aux lois qui prévalent chez les animaux inférieurs, telles que celles de la transmission des caractères au même âge ou au même sexe. Les variations, autant que notre ignorance nous permet d'en juger, sont-elles le résultat des mêmes causes, sont-elles réglées par les mêmes lois générales que chez les autres organismes ; par exemple, par la corrélation, par les effets héréditaires de l'usage et du défaut d'usage, etc., et présentent-elles dans leurs anomalies quelque retour à un type antérieur et ancien de conformation? On doit naturellement aussi se demander si, comme tant d'autres animaux, l'homme a donné lieu à des variétés et à des sous-races, ne différant que légèrement les unes des autres, on a des races assez distinctes pour qu'on doive les classer comme des espèces douteuses? Comment ces races sont-elles distribuées sur la terre, et, lorsqu'on les croise, comment réagissent-elles les unes sur les autres, tant dans la première génération que dans les suivantes? Et de même pour beaucoup d'autres points.

L'enquête aurait ensuite à aborder ce point important : l'homme tend-il à se reproduire assez rapidement pour qu'il en résulte de vives luttes pour l'existence, et par suite la conservation des variations avantageuses du corps et de l'esprit, et l'élimination de celles qui sont nuisibles? Les races ou espèces humaines, quel que soit le terme qu'on préfère, empiètent-elles les unes sur les autres et se remplacent-elles de manière à ce que finalement il en disparaisse quelques-unes? Nous verrons que la réponse à toutes ces questions dont la plupart ne méritent pas la discussion, résolues qu'elles sont déjà, doit, comme pour les animaux inférieurs, être évidemment affirmative. Nous pouvons, d'ailleurs, laisser de côté pour le moment les considérations qui précèdent, et examiner d'abord jusqu'à quel point la conformation corporelle de l'homme offre des traces plus

Digitized by Google

ou moins nettes de sa descendance de quelque type inférieur. Nous étudierons ensuite les facultés mentales de l'homme, comparées avec celles des animaux placés plus bas dans l'échelle.

. . . . . .

Je regrette de penser que la conclusion principale à laquelle nous a conduit cet ouvrage, à savoir que l'homme descend de quelque forme d'une organisation inférieure, sera fort désagréable à beaucoup de personnes. Il n'y a cependant pas lieu de douter que nous descendons de barbares. Je n'oublierai jamais l'étonnement que j'ai ressenti en voyant pour la première fois une troupe de Fuégiens sur une rive sauvage et aride, car aussitôt la pensée me traversa l'esprit que tels étaient nos ancêtres. Ces hommes absolument nus, barbouillés de peinture, avec des cheveux longs et emmêlés, la bouche écumante, avaient une expression sauvage, effrayée et méfiante. Ils ne possédaient presque aucun art, et vivaient comme des bêtes sauvages de ce qu'ils pouvaient attraper ; privés de toute organisation sociale, ils étaient sans merci pour tout ce qui ne faisait pas partie de leur petite tribu. Quiconque a vu un sauvage dans son pays natal n'éprouvera aucune honte à reconnaître que le sang de quelque être inférieur coule dans ses veines. J'aimerais pour ma part autant descendre du petit singe héroïque qui brava son plus terrible ennemi pour sauver son gardien ; ou de ce vieux babouin qui, descendant des hauteurs, emporta triomphalement son jeune camarade après l'avoir arraché à une meute de chiens étonnés — que d'un sauvage qui se plaît à torturer ses ennemis, offre des sacrifices sanglants, pratique l'infanticide sans remords, traite ses femmes comme des esclaves, ignore toute décence et est la proie des superstitions les plus grossières.

On peut excuser l'homme d'éprouver quelque fierté de ce qu'il s'est élevé, quoique ce ne soit pas par ses propres

Digitized by Google

efforts, au sommet véritable de l'échelle organique ; et le fait qu'il s'y est ainsi élevé, au lieu d'y avoir été placé primitivement, peut lui faire espérer une destinée encore plus haute dans un avenir éloigné. Mais nous n'avons à nous occuper ici ni d'espérances, ni de craintes, mais seulement de la vérité dans les limites où notre raison nous permet de la découvrir. J'ai accumulé les preuves aussi bien que j'ai pu. Or il me semble que nous devons reconnaître que l'homme, malgré toutes ses nobles qualités, la sympathie qu'il éprouve pour les plus grossiers de ses semblables, la bienveillance qu'il étend non seulement à ses semblables, mais encore aux êtres vivants les plus humbles; malgré l'intelligence divine qui lui a permis de pénétrer les mouvements et la constitution du système solaire, — malgré toutes ces facultés d'un ordre si éminent, — nous devons reconnaître, dis-je, que l'homme conserve encore dans son organisation corporelle le cachet indélébile de son origine inférieure.

(*La descendance de l'homme*. Traduction E. BARBIER.)

Digitized by Google

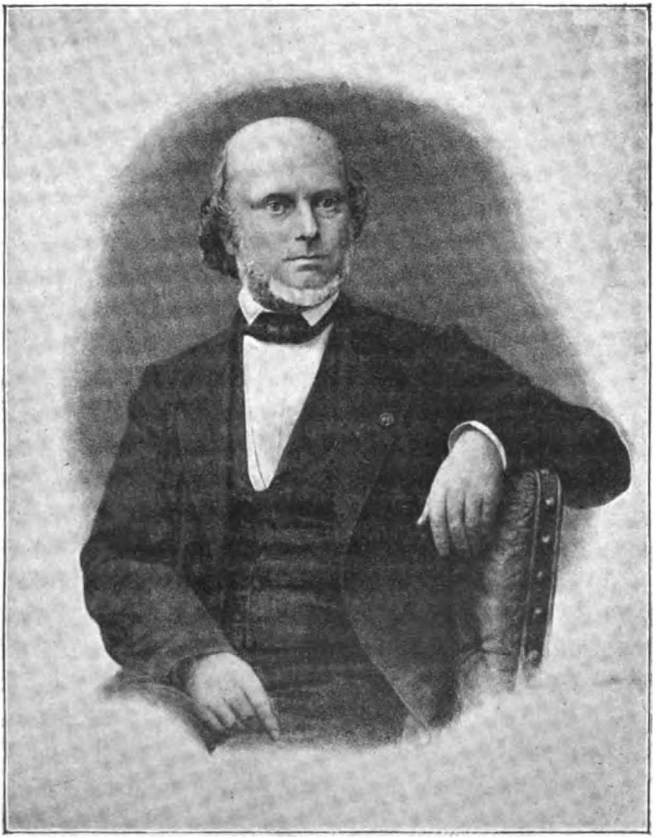
DE QUATREFAGES

Les termites de la Rochelle.

Depuis les temps historiques, on ne parlait pas plus des Termites en Saintonge que dans le Bordelais ; bien plus, aucun naturaliste n'avait signalé leur présence dans le bassin de la Charente, quand tout à coup ils apparaissent au beau milieu de la ville de Rochefort, gagnent chaque jour du terrain, et dans l'espace d'un demi-siècle envahissent successivement plusieurs autres villes, infestent les jardins, atteignent les maisons isolées et menacent la contrée entière. Est-il probable que ces Insectes soient de la même espèce que les *lucifuges*, qui, conservant dans la campagne, leurs mœurs campagnardes, se seraient faits citadins en Saintonge? N'est-il pas plus raisonnable d'admettre que le Termite de Rochefort est une espèce nouvelle, au moins pour cette contrée, importée par quelque navire de commerce, comme l'ont été certaines Blattes, et venu on ne sait encore d'où, comme pour nous prouver que les voyageurs n'ont rien exagéré en parlant de ce fléau? Une comparaison rigoureuse d'Insectes à tous les états et d'origine bien constatée permettra seule de résoudre ces questions.

Quoi qu'il en soit, la Rochelle a subi le sort de Rochefort, de Saintes, de Tonnay-Charente, et, en arrivant dans cette ville, je savais que j'y trouverais ces terribles petits mineurs. MM. Audouin, Milne-Edwards et Blanchard, avaient à diverses époques parcouru la Charente-Inférieure et rapporté au Muséum de Paris des preuves matérielles des dangers que ces ennemis si faibles en apparence font courir aux habitants de ces contrées. Ces savants avaient parlé des toitures et des planchers qui s'étaient écroulés à

Digitized by Google



DE QUATREFAGES

Digitized by Google

Digitized by Google

l'improviste, des maisons minées jusque dans leurs fondements et qu'il avait fallu reconstruire ou abandonner. Je pus bientôt juger par moi-même de l'exactitude de leurs récits, bien que la Rochelle soit loin d'être aussi complètement envahie que les villes citées plus haut. Ici les Termites n'occupent que la préfecture et l'arsenal, et parce que depuis quelques années ils n'ont pas fait de progrès bien marqués, les Rochelais semblent croire qu'ils respecteront toujours leurs limites actuelles. C'est certainement une erreur. Vienne une année quelque peu favorable au développement de ces Insectes, et la ville entière peut être envahie en une seule saison. Alors les Rochelais déploreront, mais trop tard, l'imprudente sécurité qui leur fait négliger la recherche des moyens propres à détruire sur place ces ennemis, encore cantonnés aux deux extrémités de la ville.

La préfecture et quelques maisons voisines sont le principal théâtre des ravages exercés par les Termites. Ici la prise de possession est complète. Dans le jardin, on ne saurait planter un piquet ou laisser un morceau de planche sur une plate-bande sans les trouver attaqués vingt-quatre ou quarante-huit heures après. Les tuteurs donnés aux jeunes arbres sont rongés par le pied, les arbres eux-mêmes sont parfois minés jusqu'aux branches. Dans l'hôtel, appartements et bureaux sont également envahis. J'ai vu au plafond d'une chambre à coucher récemment réparée des galeries semblables à des stalactites de plusieurs centimètres, qui venaient de s'y montrer le lendemain même du jour où les ouvriers avaient quitté la place. Dans les caves, j'ai trouvé des galeries pareilles, tantôt à mi-chemin de la voûte au plancher, tantôt collées le long des murs et arrivant sans doute jusqu'aux greniers, car dans le grand escalier d'autres galeries partaient du rez-de-chaussée et atteignaient le second étage, tantôt s'enfonçant sous le plâtre quand celui-ci présentait assez d'épaisseur, tantôt

Digitized by Google

reparaissant à nu quand les pierres étaient trop près de la surface. C'est que, pas plus que les autres espèces, le Termite de la Rochelle ne travaille à découvert. Une vigilance incessante, parfois le hasard, peuvent seuls mettre sur ses traces et prévenir ses ravages. A l'époque du voyage de M. Audouin, on venait d'en acquérir une preuve curieuse. Un beau jour, les archives du département s'étaient trouvées détruites presqu'en totalité, et cela sans que la moindre trace du dégât parût au dehors. Les Termites étaient arrivés aux cartons en minant les boiseries, puis ils avaient tout à leur aise mangé les papiers administratifs, respectant avec le plus grand soin la feuille supérieure et le bord des feuillets, si bien qu'un carton rempli seulement de détritus informes semblait renfermer des liasses en parfait état. Les bois les plus durs sont du reste attaqués de même. J'ai vu, dans les escaliers des bureaux, une poutre de chêne dans laquelle un employé, faisant un faux pas, avait enfoncé la main jusqu'au dessus du poignet. L'intérieur, entièrement formé de cellules abandonnées, s'égrenait avec un grattoir, et la couche laissée intacte par les Termites n'était guère plus épaisse qu'une feuille de papier.

Dès mon arrivée, je cherchai à me procurer une certaine quantité de Termites pour les observer à loisir, et grâce au docteur Garreau, l'un des membres de la Société d'histoire naturelle, j'en eus constamment sur ma table. Bien entendu que les précautions étaient prises pour éviter une invasion qui eût *termité* une maison, et par suite un quartier de plus. Je les tenais dans un bocal moins qu'à demi plein ; mes prisonniers ne pouvaient escalader ses parois de verre, et en les garantissant de la lumière, en les observant le soir ou les surprenant à l'improviste, j'ai pu suivre en détail les travaux qui leur firent transformer en une petite termitière l'amas confus de terreau et de débris au milieu desquels ils étaient ensevelis d'abord.

(*Souvenirs d'un naturaliste.* T. II.)

Digitized by Google

La race prussienne.

Les instincts, les aptitudes, les qualités et les défauts donnent à chaque civilisation, à chaque société humaine sa physionomie, sa signification historique. En cas de croisement, chaque race apporte sa part au fonds commun et la race métisse ne saurait récuser quoi que ce soit dans cet héritage. Il est donc important de rechercher ce qu'étaient à ce point de vue les éléments aujourd'hui plus ou moins fusionnés en Prusse.

Le Finnois de la Baltique, tel que le peint l'histoire et qu'il se montre de nos jours encore là où il s'est conservé, est assez laborieux, médiocrement industrieux, patient, obstiné même, hospitalier, quoique se livrant difficilement aux étrangers. Doué d'instincts poétiques, surtout d'instincts musicaux, il était, il est encore très attaché à ses traditions, à ses croyances religieuses ou superstitieuses. Amoureux de l'indépendance, il a résisté courageusement à la conquête, s'est révolté bien souvent, et bien que réduit presque partout au plus dur servage, a conservé généralement une certaine fierté personnelle. Malheureusement, ce qu'il y a de bon dans ce tableau est gâté par un trait qui semble être vraiment national. Le Finnois ne pardonne jamais une offense vraie ou supposée, se venge à la première occasion et n'est pas difficile sur le choix des moyens. On explique ainsi la fréquence des assassinats en Finlande, chez les paysans appartenant à cette race.

Rien n'indique que l'esprit de conquête ait jamais animé les populations finnoises dont nous parlons. Cet esprit se montre, au contraire, chez le Slave, comme chez tous les Aryens qui ont abordé l'Europe. Comme ses frères, il y est arrivé en barbare; il en avait les qualités et les défauts, fort bien résumés par M. A. Thierry. Toutefois, il se distinguait par sa manière de combattre. Sa guerre était celle des

Digitized by Google

embuscades. Il excellait à se tapir derrière une pierre, à ramper parmi les herbes, à se cacher des journées entières attendant l'ennemi pour le frapper à l'improviste d'un javelot empoisonné.

Les Germains arrivèrent en Prusse en conquérants sans pitié et imposèrent aux populations une domination qui suscita de nombreuses et terribles révoltes. C'est par le fer et le sang qu'ils assirent leur domination.

Les Français apportèrent avec eux une civilisation incontestablement supérieure, des arts, l'industrie, une foule d'éléments de progrès pacifiques.

La différence des temps et des circonstances est évidemment pour une grande part dans ce contraste. Je suis le premier à reconnaître que des croisés français ne se seraient guère conduits autrement que les chevaliers Teutoniques. Toutefois, quelles qu'en aient été les causes, le fait est indiscutable, et il n'est pas sans intérêt de le constater.

On croit généralement que, lorsque deux ou plusieurs races d'une même espèce se croisent, le produit est d'emblée et toujours intermédiaire entre les parents. C'est là une grande erreur. Les phénomènes du croisement sont bien autrement multiples et complexes.

Dans des unions répétées entre races, chacun des types primitifs peut l'emporter tour à tour et accuser sa prépondérance dans des proportions très diverses. En outre, de la combinaison de traits, de qualités, d'aptitudes différentes, sortent à chaque instant des caractères nouveaux, à peu près comme le vert résulte du mélange du jaune et du bleu. Souvent aussi l'atavisme intervient, quelque complet que soit le mélange, et ressuscite en quelque sorte les éléments premiers. A la longue toutefois, l'ensemble se rapproche d'une moyenne tenant plus ou moins des souches originelles, tout en ayant acquis son cachet spécial, et la race croisée, la race métisse, finit par constituer un type nouveau.

Digitized by Google

Ces phénomènes se sont nécessairement accomplis en Prusse comme partout ; et nécessairement aussi, même les classes élevées de la société, même la bourgeoisie prussienne, se sont éloignées des races germaniques dont elles prétendent faire partie.

Enfin, pour l'homme comme pour les animaux, le sang n'est pas tout dans la constitution d'une race, et le milieu ne perd jamais ses droits. Toujours, partout, il impose son empreinte aux êtres organisés et vivants soumis à ses influences. L'homme ne peut échapper à cette loi.

Or, dans les pays dont nous parlons, le croisement s'est opéré entre deux races locales et deux races immigrantes. Les premières, façonnées depuis des siècles aux influences spéciales du bassin de la Baltique, n'avaient plus de modifications à subir quand vint le moment du mélange. Le Finnois, le Slave, ont pu améliorer leurs conditions d'existence, changer de religion, cultiver leur esprit, élever leur intelligence ; leur nature fondamentale est nécessairement restée la même.

Il n'en pouvait être ainsi du Germain de la Souabe, pas plus que du Français originaire de bassin méditerranéen. Tous deux ayant à subir des influences entièrement nouvelles, devaient inévitablement se modifier.

Or l'expérience a montré depuis longtemps qu'en pareil cas la modification s'opère toujours dans le sens des races locales. Le Germain, le Français auraient naturellement tourné au Slave ou au Finnois. Les circonstances particulières qui accompagnaient ou motivaient leur émigration aidèrent encore à ce mouvement. Le chevalier teutonique, tout aussi désireux de conquérir que de convertir des païens, et les rudes colons qu'il appelait à son aide, eurent à combattre les hommes et la nature ; les émigrés de l'édit de Nantes eurent à surmonter les difficultés de leur position. Ces luttes avaient lieu sur une terre ingrate et sous un ciel rigoureux. A cette école l'intelligence grandit, les volontés

Digitized by Google

s'affermirent, les courages se trempèrent dans les corps ; mais aussi les cœurs s'endurcirent, l'ambition se développa, et la religion elle-même prit trop souvent un caractère sauvage. Ce ne fut plus le Dieu du Christ, le père commun, que l'on invoqua, ce fut Jéhovah le vengeur.

Ainsi a pris naissance et s'est constituée la race prussienne, race parfaitement distincte des races germaniques par ses origines ethniques, et par ses caractères acquis.

Les éléments qui ont donné naissance à ce type nouveau ne sont pas d'ailleurs encore entièrement fusionnés. En dépit d'un vernis de civilisation, emprunté surtout à la France, cette race en est encore à son moyen âge. Cela même explique quelques-unes de ses haines et de ses violences.

(*La race prussienne.*)

La division du travail.

On sait qu'une des principales différences qui séparent les corps bruts des êtres vivants consiste dans la nécessité où sont ces derniers de se nourrir. Une fois formé, le minéral, placé à l'abri d'actions extérieures, durera éternellement, sans rien perdre, sans rien gagner. Dans le végétal, dans l'animal une sorte de tourbillon incessant expulse continuellement de l'organisme quelques-uns des éléments qui en firent partie. Ces éléments doivent être remplacés par d'autres, et la nutrition n'a pas d'autre but. Quatre fonctions importantes, s'accomplissant elles-mêmes à l'aide de plusieurs fonctions secondaires, concourent à l'accomplissement de cet acte fondamental : la digestion, qui prépare les aliments ; l'absorption, qui sépare les parties inutiles, isole les principes essentiels et les fait pénétrer dans l'organisme ; la circulation qui transporte ceux-ci en tous les points où leur présence est nécessaire ; la respiration enfin, qui rend aux liquides nourriciers, altérés par leur

Digitized by Google

séjour dans les organes, la puissance vivifiante qui les caractérise.

Chez les animaux supérieurs, c'est-à-dire chez ceux où l'organisation atteint le degré le plus élevé de perfectionnement, chacune de ces fonctions s'accomplit à l'aide d'organes particuliers. Les premiers naturalistes qui cherchèrent à se rendre compte du mécanisme de la vie n'étudiaient que ces organismes compliqués, et, vivement frappés du fait que nous venons d'indiquer, ils proclamèrent que toujours et partout la fonction est *dépendante* de l'organe; en d'autres termes, que là où il n'existe pas d'instrument spécial pour l'accomplissement d'une fonction, cette fonction ne peut exister. Quelque rationnel que puisse paraître ce principe, il n'en est pas moins une profonde erreur. Les faits sont là pour le démontrer. Aux derniers degrés de l'échelle animale, on ne trouve plus d'organes distincts, et pourtant ces animaux *se nourrissent*, c'est-à-dire qu'ils *digèrent*, qu'ils *absorbent*, qu'ils *respirent*, et que des liquides réparateurs *circulent* dans tous leurs tissus.

Prenons pour exemple une de ces *hydres d'eau douce* si communes aux environs de Paris ... Cet animal ressemble à un doigt de gant dont l'orifice serait entouré de longs prolongements creux, flexibles et contractiles. Ce sont pour le Polype autant de bras qui lui servent à saisir les larves et autres petits animaux aquatiques qui, introduits dans la cavité du corps, y sont promptement digérés. Choisissons le moment où il vient d'engloutir une de ces larves, et, agissant avec précaution, essayons de la lui arracher. Plutôt que de lâcher sa proie, le Polype se laissera retourner comme le doigt de gant auquel nous le comparions tout à l'heure. Ce qui formait la peau extérieure deviendra une membrane tapissant la cavité digestive, et réciproquement. Cependant l'animal ne s'en portera pas plus mal; il guettera, saisira et digérera sa proie comme auparavant. Allons plus loin. Coupons cette Hydre en vingt, ou trente morceaux : chacun de

Digitized by Google

ces fragments continuera à *se nourrir*; il ne tardera pas à s'accroître, et, au bout de quelques jours, nous aurons vingt ou trente Hydres complètes, obtenues par ce procédé en apparence si brutal.

En présence de ces faits incontestables, il faut bien admettre que, chez ces êtres simples, la fonction est *indépendante* de l'organe, c'est-à-dire que chaque partie du corps est également propre à s'acquitter à la fois de tous les actes physiologiques; mais il est évident en même temps que ces actes divers, se passant tous sur le même point, ne peuvent être exécutés avec autant de perfection que lorsque chacun d'eux résulte de l'action d'un instrument approprié. On comprend dès lors toute la valeur du principe développé, il y a plus de vingt ans, par M. Milne-Edwards, et qu'on peut résumer en ces termes : le perfectionnement successif des organismes observé dans l'ensemble du règne animal, tient à la division de plus en plus complète du travail fonctionnel.

Une étude sérieuse de la circulation, envisagée dans son ensemble, est très propre à démontrer tout ce que ce principe renferme de fécond, combien il prête à la coordination de faits qui, au premier abord, peuvent paraître disparates, et quelquefois même opposés les uns aux autres. Cette fonction s'exécute, on le sait, chez les animaux supérieurs à l'aide d'un appareil très compliqué, dont les principales parties ont reçu le nom de *cœur*, d'*artères*, de *veines*, de *vaisseaux lymphatiques* et *chylifères*. Le cœur envoie par les artères, vers toutes les parties du corps, le sang qui lui revient par les veines. Les vaisseaux lymphatiques amènent à ce centre circulatoire la *lymphe*, liquide transparent qui exsude, pour ainsi dire, de tous les organes. Les vaisseaux chylifères transportent au même endroit le *chyle*, produit immédiat de l'absorption digestive. Ces liquides divers, emprisonnés dans de véritables tubes, suivent avec une admirable régularité, pendant toute la vie de l'animal, une voie

Digitized by Google

invariablement déterminée. Il n'en est pas de même chez les êtres inférieurs. Ici, comme l'Hydre vient de nous en montrer un exemple, la circulation est souvent confondue avec les autres fonctions de nutrition. Or, on comprend qu'entre ces deux extrêmes il doit exister de nombreux intermédiaires.

(*Souvenirs d'un naturaliste.* T. II.)

L'homme fossile.

On sait aussi que la démonstration de ce grand fait, une des plus belles conquêtes scientifiques des temps modernes, date pour ainsi dire d'hier.

Cette démonstration repose sur des preuves aujourd'hui si bien acceptées qu'il suffit de les énumérer. Il est évident que des ossements humains, ensevelis dans une couche terrestre non remaniée, attestent l'existence de l'homme au moment où se formait cette couche. Il est non moins évident que des silex taillés de main d'homme et transformés en haches, en scies, etc., que des bois d'animaux, façonnés en harpons ou en flèches sont autant de témoins irrécusables de l'existence des ouvriers. Enfin, lorsque des ossements humains se trouvent associés à des ossements d'animaux de la même couche non remaniée, il est encore hors de doute que l'homme et ces espèces animales ont été contemporains.

Bien des faits rentrant dans ces trois catégories avaient été constatés dès les premières années et dans le courant du siècle dernier...

C'est en 1823 seulement qu'Amy Boué présenta à Cuvier des ossements humains trouvés par lui dans le *loess* du Rhin, aux environs de Lahr, dans le pays de Bade. Boué regardait ces ossements comme fossiles ; Cuvier se refusa à admettre cette conclusion. On le lui a bien souvent repro-

Digitized by Google

ché ; on a été injuste. Cuvier avait vu trop souvent de prétendus *hommes fossiles* se transformer soit en mastodontes, soit en salamandres, soit même en simples blocs de grès bizarrement contournés, pour ne pas se tenir sur ses gardes ; et, en présence d'un fait jusque-là unique, il crut plus sage d'admettre un remaniement qui aurait transporté dans le loess des ossements bien postérieurs à la formation de cette couche...

La réserve, exagérée peut-être, que s'imposait Cuvier, la croyance qu'on lui prêtait n'en pesèrent pas moins sur la science en ce qu'elles empêchèrent de comprendre la valeur des observations recueillies...

C'est aux efforts persévérants d'un archéologue distingué, Boucher de Perthes, qu'est due la démonstration du fait si longtemps nié et aujourd'hui universellement admis. Sous l'empire de certaines idées philosophiques fort peu propres d'ailleurs à lui faire des disciples, il avait admis *a priori* l'existence d'êtres humains ayant précédé l'homme actuel, dont il devait différer beaucoup. Il espérait retrouver soit leurs restes eux-mêmes, soit les produits de leur industrie dans les terrains d'alluvion supérieurs. Surveillant, soit par lui-même, soit par ses agents, l'exploitation des carrières de gravier situées près d'Abbeville, il y recueillait une foule de silex plus ou moins grossièrement travaillés, mais portant l'empreinte irrécusable de la main de l'homme. Quelques-unes de ses publications (1847) amenèrent chez lui des visiteurs qui, à leur tour, se mirent en quête. Bientôt M. Rigollot (1855), M. Gaudry (1856), retirèrent des carrières de Saint-Acheul des haches semblables à celles d'Abbeville et se déclarèrent convaincus. Les savants anglais Falconer, Prestwich, Lyell, après avoir visité la collection de Boucher de Perthes, en firent autant et eurent de nombreux imitateurs.

Toutefois, malgré les découvertes qui se multipliaient dans les cavernes et les sablonnières, aux environs mêmes

Digitized by Google

de Paris, on faisait aux partisans de l'homme fossile les objections que Cuvier avait opposées à Amy Boué. On attribuait à un remaniement opéré par les eaux la juxtaposition de restes d'animaux éteints et d'ossements humains ou d'objets fabriqués par l'homme. La haute autorité de M. de Beaumont prêtait une nouvelle force à cet argument. Il rapportait les alluvions des environs d'Abbeville à ses *terrains en pente*, formés, disait-il, par des orages d'une violence exceptionnelle qui n'éclataient qu'une fois en mille ans et qui mélangeaient les matériaux arrachés à diverses couches. Quant aux trouvailles faites dans les cavernes, elles inspiraient encore moins de confiance que les autres, à raison de la facilité des affouillements causés par les remous qui pouvaient fort bien aller déposer au cœur d'une couche sous-jacente des objets enlevés aux couches supérieures sans détruire les unes ni les autres.

Beaucoup de bons esprits hésitaient donc encore, lorsque M. Lartet publia son remarquable travail sur la grotte d'Aurignac (1861). Ici le doute n'était plus possible. Cette grotte, ou mieux cet *abri*, était fermée au moment de la découverte, par une dalle de pierre apportée de loin; M. Lartet découvrit, soit à l'intérieur, soit sur le seuil, les ossements de huit espèces animales sur neuf qui caractérisent le plus essentiellement les terrains quaternaires. Dans son mémoire, il donna des détails sur les restes de chacune d'elles. Quelques-uns de ces animaux avaient été évidemment mangés sur place; leurs os, en partie carbonisés, portaient encore la trace du feu dont on retrouvait les charbons et les cendres; ceux d'un jeune rhinocéros tichorhinus présentaient des entailles faites par des outils de silex, et leurs extrémités spongieuses avaient été rongées par un carnassier; celui-ci révélait son espèce par ses coprolithes, reconnaissables pour être ceux de la *hyena spelœa*.

La grotte ou abri d'Aurignac est creusée dans un petit

Digitized by Google

massif montagneux, dépendant du plateau de Lanemézan, que n'a jamais atteint le diluvium pyrénéen. Elle échappait donc à toute objection tirée de l'intervention des courants d'eau. Aussi, les faits annoncés par M. Lartet furent-ils généralement acceptés d'emblée avec toute leur signification. Ces faits montraient l'homme vivant au milieu de la faune quaternaire, utilisant pour sa nourriture jusqu'au rhinocéros et suivi par la hyène de cette époque qui profitait des débris du repas. La coexistence de l'homme et de ces espèces fossiles était démontrée.

(*L'espèce humaine.*)

Digitized by Google

CLAUDE BERNARD

Observation et expérimentation.

On donne le nom d'*observateur* à celui qui applique les procédés d'investigation à l'étude des phénomènes qu'il ne fait pas varier et qu'il recueille, par conséquent, tels que la nature les lui offre. On donne le nom d'*expérimentateur* à celui qui emploie les procédés d'investigation pour faire varier ou modifier dans un but quelconque les phénomènes naturels et les faire apparaître dans des circonstances et dans des conditions dans lesquelles la nature ne les présentait pas. L'*observation* est l'investigation d'un phénomène naturel, l'*expérience* est l'investigation d'un phénomène modifié par l'observateur.

Une science d'*observation* est une science faite avec des observations, c'est-à-dire une science dans laquelle on raisonne sur des faits d'observation naturelle. Une science *expérimentale* ou d'*expérimentation* sera une science faite avec des expériences, c'est-à-dire dans laquelle on raisonnera sur des expériences.

Il y a des sciences qui, comme l'astronomie, resteront toujours pour nous des sciences d'observation, parce que les phénomènes qu'elles étudient sont hors de notre portée ; mais les sciences terrestres peuvent être à la fois des sciences d'observation et des sciences expérimentales. Il faut ajouter que toutes ces sciences commencent par être des sciences d'observation pure, et ce n'est qu'en avançant dans l'analyse des phénomènes qu'elles deviennent expérimentales...

Dans les sciences expérimentales l'homme observe, mais de plus il agit sur la matière et provoque à son profit l'ap-

Digitized by Google

parition des phénomènes. L'homme devient un inventeur de phénomènes, un véritable contremaître de la création.

. . . . . .

Malgré la différence importante que nous venons de signaler, l'observateur et l'expérimentateur n'en ont pas moins pour but commun et immédiat d'établir et de constater des faits aussi rigoureusement que possible ; ils se comportent absolument comme s'il s'agissait de deux observations ordinaires. Ce n'est, en effet, qu'une constatation de fait dans les deux cas. La seule différence consiste en ce que... l'expérience au fond n'est qu'une observation provoquée dans un but quelconque. Dans la méthode expérimentale, la recherche des faits, c'est-à-dire l'investigation, s'accompagne toujours d'un raisonnement, de sorte que le plus souvent l'expérimentateur fait une expérience pour contrôler ou vérifier la valeur d'une idée expérimentale.

... Il y a des cas où l'on expérimente sans avoir une idée probable à vérifier. Cependant l'expérimentation dans ce cas n'en est pas moins destinée à provoquer une observation. Seulement elle la provoque en vue d'y trouver une idée qui lui indiquera la route à suivre ultérieurement dans l'investigation; on peut dire alors que l'expérience est une observation provoquée dans le but de faire naître une idée.

. . . . . .

L'expérimentateur, nous le savons déjà, est celui qui, en vertu d'une interprétation plus ou moins probable, mais anticipée de phénomènes, institue l'expérience de manière qu'elle fournisse un résultat qui serve de contrôle à l'hypothèse ou à l'idée préconçue. Pour cela, l'expérimentateur réfléchit, essaye, tâtonne, compare et combine pour trouver les combinaisons expérimentales les plus propres à atteindre le but qu'il se propose. Il faut nécessairement expérimenter avec une idée préconçue. L'esprit de l'expé-

Digitized by Google

rimentateur doit être actif, c'est-à-dire qu'il doit interroger la nature et lui poser des questions dans tous les sens, suivant les diverses hypothèses qui lui sont suggérées.

Mais, dès le moment où le résultat de l'expérience se manifeste, l'expérimentateur se trouve en présence d'une véritable observation qu'il a provoquée et qu'il peut constater, comme toute observation, sans idée préconçue. L'expérimentateur doit alors disparaître et se transformer en observateur. L'expérimentateur pose des questions à la nature ; mais dès qu'elle parle, il doit se taire.

Il y a donc deux opérations à considérer dans une expérience : la première consiste à préméditer et à réaliser les conditions de l'expérience ; la deuxième, à constater les résultats de l'expérience. Il n'est pas possible d'instituer une expérience sans une idée préconçue ; instituer une expérience, c'est poser une question ; on ne conçoit jamais une question sans l'idée qui sollicite la réponse.

Ceux qui ont condamné l'emploi des hypothèses dans la méthode expérimentale ont eu le tort de confondre l'invention de l'expérience avec la constatation de ses résultats. Il est vrai de dire qu'il faut constater les résultats de l'expérience avec un esprit dépouillé d'idées préconçues. Mais il faudrait bien se garder de proscrire l'usage de l'hypothèse et des idées quand il s'agit d'instituer l'expérience. C'est l'idée qui est le principe de tout raisonnement et de toute invention. C'est à elle que revient toute espèce d'initiative.

En résumé : 1° le savant constate un fait ; 2° à propos de ce fait, une idée naît dans son esprit ; 3° en vue de cette idée, il raisonne, institue une expérience, en imagine et en réalise les conditions ; 4° de cette expérience naissent de nouveaux phénomènes qu'il faut observer ; et ainsi de suite.

. . . . . .

Le métaphysicien, le scolastique et l'expérimentateur procèdent tous par une idée *a priori*. La différence consiste

Digitized by Google

en ce que le scolastique impose son idée comme une vérité absolue qu'il a trouvée, et dont il déduit par la logique toutes les conséquences. L'expérimentateur, plus modeste, pose, au contraire, son idée comme une question... L'idée expérimentale est aussi une idée *a priori;* mais c'est une idée qui se présente sous la forme d'une hypothèse dont les conséquences doivent être soumises au critérium expérimental... La première condition, pour le savant, c'est de conserver une entière liberté d'esprit, assise sur le doute philosophique. Il ne faut pourtant point être sceptique ; il faut croire à la science... Quand nous faisons une théorie dans les sciences, la seule chose dont nous soyons certains, c'est que toutes ces théories sont fausses absolument partout. Elles ne sont que des vérités partielles et provisoires qui nous sont nécessaires, comme des degrés sur lesquels nous nous reposons pour avancer dans l'investigation ; elles ne représentent que l'état actuel de nos connaissances ; et par conséquent elles doivent se modifier avec l'accroissement de la science.

Le grand principe expérimental est le doute philosophique, qui laisse à l'esprit sa liberté et son initiative.

Il n'y a pas de règles à donner pour faire naître dans le cerveau, à propos d'une observation donnée, une idée juste et féconde qui soit pour l'expérimentateur une sorte d'anticipation intuitive de l'esprit vers une recherche heureuse. L'idée une fois émise, on peut seulement dire comment on peut la soumettre à des règles logiques précises ; mais son apparition a été toute spontanée, et sa nature est toute individuelle. C'est un sentiment particulier, un *quid proprium* qui constitue l'originalité, l'invention selon le génie de chacun. Une idée neuve apparaît comme une relation inattendue que l'esprit aperçoit entre les choses. Toutes les intelligences se ressemblent sans doute, et des idées semblables peuvent naître chez tous les hommes ; mais comme les sens, les intelligences n'ont pas chez tous

Digitized by Google

la même acuité, et il est des rapports subtils et délicats qui ne peuvent être sentis, saisis et dévoilés que par des esprits plus perspicaces, mieux doués, ou placés dans un milieu intellectuel qui les prédispose d'une manière favorable.

(*Introduction à la médecine expérimentale*. Chap. I.)

L'expérimentation biologique.

La spontanéité dont jouissent les êtres doués de la vie a été l'une des principales objections que l'on a élevées contre l'emploi de l'expérimentation dans les études biologiques. En effet, chaque être vivant nous apparaît comme pourvu d'une espèce de force extérieure qui préside à des manifestations vitales de plus en plus indépendantes à mesure que l'être s'élève davantage. Chez les animaux supérieurs, en effet, cette force vitale paraît avoir pour résultat de soustraire le corps vivant aux influences physico-chimiques générales et de le rendre ainsi très difficilement accessible à l'expérimentation.

Les corps bruts n'offrent rien de semblable ; et, quelle que soit leur nature, ils sont tous dépourvus de spontanéité. Dès lors la manifestation de leurs propriétés étant enchaînée d'une manière absolue aux conditions physico-chimiques qui les environnent, il en résulte que l'expérimentation peut facilement les atteindre et les modifier à son gré.

D'un autre côté, tous les phénomènes d'un corps vivant sont dans une harmonie réciproque telle, qu'il paraît impossible de séparer une partie de l'organisme sans amener immédiatement un trouble dans tout l'ensemble.

Chez les animaux supérieurs en particulier, la sensibilité, plus exquise, amène des réactions et des perturbations encore plus considérables.

Digitized by Google

Beaucoup de médecins et de physiologistes spécialistes, de même que des anatomistes et des naturalistes, ont exploité ces divers arguments pour s'élever contre l'expérimentation chez les êtres vivants. Ils ont admis que la force vitale était en opposition avec les forces physico-chimiques, qu'elle dominait tous les phénomènes de la vie et faisait de l'organisme un tout auquel l'expérimentateur ne pouvait toucher... Cuvier, qui partage cette opinion, s'exprime ainsi : « Toutes les parties d'un corps vivant sont liées ; elles ne peuvent agir qu'autant qu'elles agissent toutes ensemble : vouloir en séparer une de la masse, c'est la reporter dans l'ordre des substances mortes. C'est en changer entièrement l'essence ».

Si les objections précédentes étaient fondées, ce serait reconnaître ou bien qu'il n'y a pas de déterminisme possible dans les phénomènes de la vie, ou bien que la force vitale doit être étudiée par des procédés particuliers et repose sur d'autres principes que la science des corps inertes.

... Mais si l'on y réfléchit, on verra bientôt que cette spontanéité du corps vivant n'est plus qu'une simple apparence et la conséquence de certains mécanismes de milieux parfaitement déterminés, de sorte qu'au fond il sera facile de prouver que les manifestations des corps vivants, aussi bien que celles des corps bruts, sont dominées par un déterminisme nécessaire qui les enchaîne à des conditions d'ordre physicochimique.

... C'est seulement chez les animaux à sang chaud qu'il paraît y avoir indépendance entre les conditions de l'organisme et celles du milieu ambiant ; chez ces animaux, en effet, la manifestation des phénomènes vitaux ne subit plus les alternatives et les variations qu'éprouvent les conditions cosmiques... Mais au fond il n'en est rien, et cela tient simplement à ce que, par suite d'un mécanisme protecteur plus complet, le milieu de l'animal à sang chaud se met

Digitized by Google

plus difficilement en équilibre avec le milieu cosmique extérieur.

Dans l'expérimentation sur les corps bruts, il n'y a à tenir compte que d'un seul milieu : c'est le milieu cosmique extérieur ; tandis que chez les êtres vivants élevés il y a au moins deux milieux à considérer : le milieu *extérieur* ou extra-organique, et le milieu *intérieur* ou intra-organique... Le physicien et le chimiste qui expérimentent sur les corps inertes, n'ayant à considérer que le milieu extérieur, peuvent, à l'aide du baromètre, du thermomètre et de tous les instruments, se placer toujours dans des conditions identiques. Pour le physiologiste, ces instruments ne suffisent plus, et d'ailleurs c'est dans le milieu intérieur (le sang) qu'il devrait les faire agir. A mesure que l'on s'élève dans l'échelle des êtres vivants, les éléments organiques deviennent plus délicats et ils ont besoin d'un milieu intérieur plus perfectionné...

... Le milieu intérieur conserve des rapports nécessaires d'échange et d'équilibre avec le milieu extérieur.

On peut se faire une idée de la complexité énorme des phénomènes de la vie, et des difficultés presque insurmontables que leur détermination exacte présente au physiologiste, quand il est obligé de porter l'expérimentation dans les milieux organiques. Toutefois... il y a un déterminisme absolu en biologie ; dès lors il y a une science biologique... Il faut décomposer l'organisme comme on démonte une machine pour en reconnaître les rouages. Il faut donc recourir à une étude analytique successive des phénomènes de la vie en faisant usage de la même méthode expérimentale du physicien. — En effet, l'un et l'autre (le physicien et le physiologiste) se proposent pour but commun de remonter à la cause prochaine du phénomène qu'ils étudient ; or, ce que nous appelons la cause prochaine n'est rien autre chose que la condition physique et matérielle de son existence et de sa manifestation... En effet, quand

Digitized by Google

l'expérimentateur est parvenu à connaître les conditions d'existence d'un phénomène, il en est en quelque sorte le maître; il peut prédire sa marche et sa manifestation, la produire ou l'empêcher à volonté.

Comme corollaire de ce qui précède, nous ajouterons que le physiologiste ou le médecin ne doivent pas s'imaginer qu'ils ont à rechercher la cause de la vie ou l'essence des maladies. Ce serait perdre complètement son temps à poursuivre un fantôme. Il n'y a aucune réalité objective dans les mots de vie, mort, santé, maladie. Ce sont des expressions littéraires, dont nous nous servons parce qu'elles représentent à notre esprit l'apparence de certains phénomènes.

(*Introduction à la médecine expérimentale.* 2e partie.)

L'hypothèse.

Toute l'initiative expérimentale est dans l'idée, car c'est elle qui provoque l'expérience. La raison ou le raisonnement ne servent qu'à déduire les conséquences de cette idée et à les soumettre à l'expérience.

Une idée anticipée ou une hypothèse est donc le point de départ nécessaire de tout raisonnement expérimental. Sans cela on ne saurait faire aucune investigation ni s'instruire; on ne pourrait qu'entasser des observations stériles. Si l'on *expérimentait* sans idée préconçue, on irait à l'aventure; mais d'un autre côté, ainsi que nous l'avons dit ailleurs, si l'on *observait* avec des idées préconçues, on ferait de mauvaises observations et l'on serait exposé à prendre les conceptions de son esprit pour la réalité.

Les idées expérimentales, comme nous le verrons plus tard, peuvent naître soit à propos d'un fait observé par hasard, soit à la suite d'une tentative expérimentale, soit comme corollaires d'une théorie admise. Ce qu'il faut seu-

Digitized by Google

lement noter pour le moment, c'est que l'idée expérimentale n'est point arbitraire ni purement imaginaire ; elle doit avoir toujours un point d'appui dans la réalité observée, c'est-à-dire dans la nature. L'hypothèse expérimentale, en un mot, doit toujours être fondée sur une *observation* antérieure.

Il n'y a pas de règles à donner pour faire naître dans le cerveau, à propos d'une observation donnée, une idée juste et féconde qui soit pour l'expérimentateur une sorte d'anticipation intuitive de l'esprit vers une recherche heureuse. L'idée une fois émise, on peut seulement dire comment il faut la soumettre à des préceptes définis et à des règles logiques précises dont aucun expérimentateur ne saurait s'écarter ; mais son apparition a été toute spontanée, et sa nature est tout individuelle. C'est un sentiment particulier, un *quid proprium* qui constitue l'originalité, l'invention ou le génie de chacun. Une idée neuve apparaît comme une relation nouvelle ou inattendue que l'esprit aperçoit entre les choses. Toutes les intelligences se ressemblent sans doute et des idées semblables peuvent naître chez tous les hommes, à l'occasion de certains rapports simples des objets que tout le monde peut saisir. Mais comme les sens, les intelligences n'ont pas toutes la même puissance ni la même acuité, et il est des rapports subtils et délicats qui ne peuvent être sentis, saisis et dévoilés que par des esprits plus perspicaces, mieux doués ou placés dans un milieu intellectuel qui les prédispose d'une manière favorable.

La méthode expérimentale ne donnera donc pas des idées neuves et fécondes à ceux qui n'en ont pas ; elle servira seulement à diriger les idées chez ceux qui en ont, et à les développer afin d'en retirer les meilleurs résultats possible. L'idée, c'est la graine ; la méthode, c'est le sol qui lui fournit les conditions de se développer, de prospérer et de donner les meilleurs fruits suivant sa nature. Mais de même qu'il ne poussera jamais dans le sol que ce qu'on

Digitized by Google

y sème, de même il ne se développera par la méthode expérimentale que les idées qu'on lui soumet. La méthode par elle-même n'enfante rien, et c'est une erreur de certains philosophes d'avoir accordé trop de puissance à la méthode sous ce rapport.

Les hommes qui ont le pressentiment des vérités nouvelles sont rares; dans toutes les sciences, le plus grand nombre des hommes développe et poursuit les idées d'un petit nombre d'autres. Ceux qui font des *découvertes* sont les promoteurs d'idées neuves et fécondes. On donne généralement le nom de découverte à la connaissance d'un fait nouveau ; mais je pense que c'est l'idée qui se rattache au fait découvert qui constitue en réalité la découverte. Les faits ne sont ni grands ni petits par eux-mêmes. Une grande découverte est un fait qui, en apparaissant dans la science, a donné naissance à des idées lumineuses, dont la clarté a dissipé un grand nombre d'obscurités et montré des voies nouvelles. Il y a d'autres faits qui, bien que nouveaux, n'apprennent que peu de choses ; ce sont alors de petites découvertes. Enfin il y a des faits nouveaux qui, quoique bien observés, n'apprennent rien à personne ; ils restent, pour le moment, isolés et stériles dans la science ; c'est ce qu'on pourrait appeler le fait brut ou le fait brutal.

La découverte est donc l'*idée neuve* qui surgit à propos d'un fait trouvé par hasard ou autrement. Par conséquent, il ne saurait y avoir de méthode pour faire des découvertes, parce que les théories philosophiques ne peuvent pas plus donner le sentiment inventif et la justesse de l'esprit à ceux qui ne les possèdent pas, que la connaissance des théories acoustiques ou optiques ne peut donner une oreille juste ou une bonne vue à ceux qui en sont naturellement privés. Seulement les bonnes méthodes peuvent nous apprendre à développer ou à mieux utiliser les facultés que la nature nous a dévolues, tandis que les mauvaises méthodes peuvent nous empêcher d'en tirer un heureux profit. C'est ainsi que

Digitized by Google

le génie de l'invention, si précieux dans les sciences, peut être diminué ou même étouffé par une mauvaise méthode, tandis qu'une bonne méthode peut l'accroître et le développer. En un mot, une bonne méthode favorise le développement scientifique et prémunit le savant contre les causes d'erreurs si nombreuses qu'il rencontre dans la recherche de la vérité; c'est là le seul objet que puisse se proposer la méthode expérimentale.

. . . . . .

La première condition que doit remplir un savant qui se livre à l'investigation dans les phénomènes naturels, c'est de conserver une entière liberté d'esprit assise sur le doute philosophique. Il ne faut pourtant point être sceptique; il faut croire à la science, c'est-à-dire au déterminisme, au rapport absolu et nécessaire des choses, aussi bien dans les phénomènes propres aux êtres vivants que dans tous les autres; mais il faut en même temps être bien convaincu que nous n'avons ce rapport que d'une manière plus ou moins approximative, et que les théories que nous possédons sont loin de représenter des vérités immuables. Quand nous faisons une théorie générale dans nos sciences, la seule chose dont nous soyons certains, c'est que toutes ces théories sont fausses, absolument parlant. Elles ne sont que des vérités partielles et provisoires qui nous sont nécessaires, comme des degrés sur lesquels nous nous reposons, pour avancer dans l'investigation; elles ne représentent que l'état actuel de nos connaissances, et par conséquent, elles devront se modifier avec l'accroissement de la science, et d'autant plus souvent que les sciences sont moins avancées dans leur évolution. D'un autre côté, nos idées, ainsi que nous l'avons dit, nous viennent à la vue des faits qui ont été préalablement observés et que nous interprétons ensuite. Or des causes d'erreurs sans nombre peuvent se glisser dans nos observations, et, malgré toute notre attention et notre sagacité, nous ne sommes jamais sûrs d'avoir tout vu, parce

Digitized by Google

que souvent les moyens de constatation nous manquent ou sont trop imparfaits. De tout cela il résulte donc que, si le raisonnement nous guide dans la science expérimentale, il ne nous impose pas nécessairement ses conséquences. Notre esprit peut toujours rester libre de les accepter ou de les discuter. Si une idée se présente à nous, nous ne devons pas la repousser par cela seul qu'elle n'est pas d'accord avec les conséquences logiques d'une théorie régnante. Nous pouvons suivre notre sentiment et notre idée, donner carrière à notre imagination, pourvu que toutes nos idées ne soient que des prétextes à instituer des expériences nouvelles qui puissent nous fournir des faits probants ou inattendus et féconds ..

Le grand principe expérimental est donc le doute, le doute philosophique qui laisse à l'esprit sa liberté et son initiative, et d'où dérivent les qualités les plus précieuses pour un investigateur en physiologie et en médecine. Il ne faut croire à nos observations, à nos théories, que sous bénéfice d'inventaire expérimental. Si l'on croit trop, l'esprit se trouve lié et rétréci par les conséquences de son propre raisonnement ; il n'a plus de liberté d'action et manque par suite de l'initiative que possède celui qui sait se dégager de cette foi aveugle dans les théories, qui n'est au fond qu'une superstition scientifique...

Dans l'éducation scientifique, il importerait beaucoup de distinguer, ainsi que nous le ferons plus loin, le déterminisme, qui est le principe absolu de la science, d'avec les théories qui ne sont que des principes relatifs auxquels on ne doit acorder qu'une valeur provisoire dans la recherche de la vérité. En un mot, il ne faut point enseigner les théories comme des dogmes ou des articles de foi. Par cette croyance exagérée dans les théories, on donnerait une idée fausse de la science, on surchargerait et l'on asservirait l'esprit en lui enlevant sa liberté et étouffant son originalité, et en lui donnant le goût des systèmes...

Digitized by Google

En résumé, il y a deux choses à considérer dans la science expérimentale : la méthode et l'idée. La méthode a pour objet de diriger l'idée qui s'élance en avant dans l'interprétation des phénomènes naturels et dans la recherche de la vérité. L'idée doit toujours rester indépendante, et il ne faut point l'enchaîner, pas plus par des *croyances scientifiques* que par des croyances philosophiques ou religieuses ; il faut être hardi et libre dans la manifestation de ses idées, suivre son sentiment et ne point trop s'arrêter à ces craintes puériles de la contradiction des théories. Si l'on est bien imbu des principes de la méthode expérimentale, on n'a rien à craindre ; car, tant que l'idée est juste, on continue à la développer ; quand elle est erronée, l'expérience est là pour la rectifier. Il faut donc savoir trancher les questions, même au risque d'errer. On rend plus de service à la science, a-t-on dit, par l'erreur que par la confusion ; ce qui signifie qu'il faut pousser sans crainte les idées dans tout leur développement pourvu qu'on les règle et que l'on ait toujours soin de les juger par l'expérience. L'idée, en un mot, est le mobile de tout raisonnement en science comme ailleurs. Mais partout l'idée doit être soumise à un critérium. En science, ce critérium est la méthode expérimentale ou l'expérience, ce critérium est indispensable, et nous devons l'appliquer à nos propres idées comme à celle des autres.

(*Introduction à la médecine expérimentale.* T. II.)

L'idée de finalité.

Il faut reconnaître que le *déterminisme*, dans les phénomènes de la vie, est non seulement un déterminisme très complexe, mais que c'est un déterminisme qui est harmoniquement hiérarchisé. De sorte que les phénomènes physiologiques complexes sont constitués par une série de

Digitized by Google

phénomènes plus simples qui se déterminent les uns les autres et s'associent en se combinant pour un but final commun. Or l'objet essentiel pour le physiologiste est de déterminer les conditions élémentaires des phénomènes physiologiques et de saisir leur subordination naturelle, afin d'en comprendre et d'en suivre ensuite les diverses combinaisons dans le mécanisme si varié des organismes des animaux.

Le physiologiste et le médecin ne doivent donc jamais oublier que l'être vivant forme un organisme et une individualité. Le physicien et le chimiste, ne pouvant se placer en dehors de l'univers, étudient les corps et les phénomènes isolément pour eux-mêmes, sans être obligés de les rapporter nécessairement à l'ensemble de la nature. Mais le physiologiste se trouvant, au contraire, placé en dehors de l'organisme animal dont il voit l'ensemble, doit tenir compte de l'harmonie de cet ensemble en même temps qu'il cherche à pénétrer dans son intérieur pour comprendre le mécanisme de chacune de ces parties. De là il résulte que le physicien et le chimiste peuvent repousser toute idée de *causes finales* dans les faits qu'ils observent ; tandis que le physiologiste est porté à admettre une finalité harmonique et préétablie dans le corps organisé dont toutes les actions partielles sont solidaires et génératrices les unes des autres.

(*Introduction à la médecine expérimentale.*)

La déduction dans les sciences expérimentales.

On définit l'induction en disant que c'est un procédé de l'esprit qui va du particulier au général, tandis que la déduction serait le procédé inverse qui irait du général au particulier... En qualité d'expérimentateur, je me bornerai à dire que, dans la pratique, il me paraît bien difficile de

Digitized by Google

justifier cette distinction et de séparer nettement l'induction de la déduction. Si l'esprit de l'expérimentateur procède ordinairement en partant d'observations particulières pour remonter à des principes, à des lois, ou à des propositions générales, il procède aussi nécessairement de ces mêmes propositions générales, ou lois pour aller à des faits particuliers qu'il déduit logiquement de ces principes. Seulement, quand la certitude du principe n'est pas absolue, il s'agit toujours d'une déduction provisoire qui réclame la vérification expérimentale. Toutes les variétés apparentes du raisonnement ne tiennent qu'à la nature du sujet que l'on traite et à sa plus ou moins grande complexité. Mais, dans tous ces cas, l'esprit de l'homme fonctionne toujours de même par syllogisme ; il ne pourrait pas se conduire autrement.

(*Introduction à l'étude de la méthode expérimentale.*)

Le cœur et les sentiments.

... Le cœur ne cesse jamais d'être une pompe foulante, c'est-à-dire un moteur qui distribue le liquide vital à tous les organes de notre corps. S'il s'arrête, il y a nécessairement suspension ou diminution dans l'arrivée du liquide vital aux organes, et par suite suspension ou diminution de leurs fonctions ; si au contraire l'arrêt léger du cœur est suivi d'une intensité plus grande dans son action, il y a distribution d'une plus grande quantité du liquide vital dans les organes, et par suite surexcitation de leurs fonctions.

Cependant tous les organes du cœur et tous les tissus ne sont pas également sensibles à ces variations de la circulation artérielle qui peuvent diminuer ou augmenter brusquement la quantité du liquide nourricier qu'ils reçoivent. Les organes nerveux et surtout le cerveau, qui constituent l'ap-

Digitized by Google

pareil dont la texture est la plus délicate et la plus élevée dans l'ordre physiologique, reçoivent les premiers les atteintes de ces troubles circulatoires. C'est une loi générale pour tous les animaux : depuis la grenouille jusqu'à l'homme, la suspension de la circulation du sang amène en premier lieu la perte des fonctions cérébrales et nerveuses, de même que l'exagération de la circulation exalte d'abord les manifestations cérébrales et nerveuses.

Toutefois ces réactions de la modification circulatoire sur les organes nerveux demandent pour s'opérer un temps très différent selon les espèces.

Chez les animaux à sang froid, ce temps est très long, surtout pendant l'hiver ; une grenouille reste plusieurs heures avant d'éprouver les conséquences de l'arrêt de la circulation ; on peut lui enlever le cœur et pendant quatre ou cinq heures elle saute et nage sans que sa volonté ni ses mouvements paraissent le moins du monde troublés.

Chez les animaux à sang chaud, c'est tout différent : la cessation d'action du cœur amène très rapidement la disparition des phénomènes cérébraux, et d'autant plus facilement que l'animal est plus élevé, c'est-à-dire possède des organes nerveux plus délicats.

Le raisonnement et l'expérience nous montrent qu'il faut encore placer, sous ce rapport, l'homme au premier rang. Chez lui, le cerveau est si délicat qu'il éprouvera en quelques secondes, et pour ainsi dire instantanément, le retentissement des influences nerveuses exercées sur l'organe central de la circulation, influences qui se traduisent, comme nous allons le voir bientôt, tantôt par une émotion, tantôt par une syncope.

Les phénomènes physiologiques suivent partout une loi identique, mais la nature plus ou moins délicate de l'organisme vivant peut leur donner une expression toute différente. Ainsi la loi de la réaction du cœur sur le cerveau est la même chez la grenouille et chez l'homme ; cependant

Digitized by Google

jamais la grenouille ne pourra éprouver une émotion ni une syncope, parce que le temps qu'il faut à son cœur pour ressentir l'influence nerveuse, et à son cerveau pour éprouver l'influence circulatoire, est si long que la relation physiologique entre les deux organes disparaît.

Chez l'homme, l'influence du cœur sur le cerveau se traduit par deux états principaux entre lesquels on peut imaginer beaucoup d'intermédiaires : la *syncope* et l'*émotion*.

La *syncope* est la cessation momentanée des fonctions cérébrales par cessation de l'arrivée du sang artériel dans le cerveau.

On pourrait produire la syncope en liant ou en comprimant directement toutes les artères qui vont au cerveau ; mais ici nous ne nous occupons que de la syncope qui survient par une influence sensitive portée sur le cœur et assez énergique pour arrêter ses mouvements. L'arrêt du cœur qui produit la perte de connaissance en privant le cerveau de sang amène aussi la pâleur des traits et une foule d'autres effets accessoires dont il ne peut être question ici. Toutes les impressions sensitives énergiques et subites sont dans le cas d'amener la syncope, quelle qu'en soit d'ailleurs la nature. Des impressions physiques sur les nerfs sensitifs ou des impressions morales, des sensations douloureuses ou des sensations de volupté, conduisent aux mêmes résultats et amènent l'arrêt du cœur.

La durée de la syncope est naturellement liée à la durée de l'arrêt du cœur. Plus l'arrêt a été intense, plus en général la syncope se prolonge, et plus difficilement se rétablissent les battements cardiaques, qui d'abord reviennent irrégulièrement pour ne reprendre que lentement leur rythme normal.

Quelquefois l'arrêt du cœur est définitif et la syncope peut être mortelle ; chez les individus faibles et en même temps sensibles, cela peut arriver. On a constaté expéri-

Digitized by Google

mentalement que, sur des colombes épuisées par l'inaction, il suffit parfois de produire une douleur vive, en pinçant un nerf de sentiment, pour amener un arrêt du cœur définitif et une syncope mortelle.

L'*émotion* dérive du même mécanisme physiologique que la syncope, mais elle a une manifestation bien différente. La syncope, qui enlève le sang au cerveau, donne une expression négative, en prouvant seulement qu'une impression nerveuse violente est allée se réfléchir sur le cœur pour revenir frapper le cerveau. L'émotion, au contraire, qui envoie au cerveau une circulation plus active, donne une expression positive, en ce sens que l'organe cérébral reçoit une surexcitation fonctionnelle en harmonie avec l'influence nerveuse qui l'a déterminée. Dans l'émotion, il y a toujours une impression initiale qui surprend en quelque sorte et arrête très légèrement le cœur, et par suite une faible secousse cérébrale qui amène une pâleur fugace ; aussitôt le cœur, comme un animal piqué par un aiguillon, réagit, accélère ses mouvements et envoie le sang à plein calibre par l'aorte et par toutes les artères. Le cerveau, le plus sensible de tous les organes, éprouve immédiatement et avant tous les autres les effets de cette modification circulatoire. Le cerveau a été sans doute le point de départ de l'impression nerveuse sensitive ; mais par l'action réflexe sur les nerfs moteurs du cœur, l'influence sensitive a provoqué dans le cerveau les conditions qui viennent se lier à la manifestation du sentiment.

En résumé, chez l'homme, le cœur est le plus sensible des organes de la vie végétative ; il reçoit le premier de tous l'influence nerveuse cérébrale. Le cerveau est le plus sensible des organes de la vie animale ; il reçoit le premier de tous l'influence de la circulation du sang. De là résulte que ces deux organes culminants de la machine vivante sont dans des rapports incessants d'action et de réaction. Le cœur et le cerveau se trouvent dès lors dans une solida-

Digitized by Google

rité d'actions réciproques des plus intimes, qui se multiplient et se resserrent d'autant plus que l'organisme devient plus développé et plus délicat.

(*La science expérimentale.*)

Production du sucre dans le foie.

Les chimistes voient généralement dans la sécrétion un dédoublement direct du sang, une séparation des éléments immédiats de ce liquide, telle qu'on pourrait se la représenter par une équation entre le sang qui pénètre dans la glande d'une part, et le sang qui en sort, ajouté au produit de sécrétion d'autre part.

... Ces idées théoriques sur les sécrétions sont celles avec lesquelles j'entrepris mes premières recherches sur les sécrétions sucrées du foie. Mais bientôt je dus reconnaître qu'elles n'étaient point en rapport avec les faits.

J'ai trouvé, en effet, que si on enlève le foie chez un animal, et si on l'examine, il contient du sucre. Si vingt-quatre heures après on l'analyse de nouveau, il en contient bien davantage. Nous savons aussi qu'en coupant la moelle à un lapin à une certaine hauteur, le sucre disparaît de son foie, mais qu'il y entre une matière qui peut se changer en sucre.

Ces faits montrent jusqu'à l'évidence que le sucre qui se produit dans le foie n'y est pas abandonné immédiatement par le sang qui traverse l'organe. D'autres expériences enfin, qui ont été rapportées ici, m'offraient des résultats incompréhensibles par un dédoublement du sang. La théorie ancienne devait donc être abandonnée.

Je vous ferai grâce des tâtonnements par lesquels il m'a fallu passer pour arriver à la solution de la question. Des essais nombreux et variés me conduisirent à penser que la formation du sucre dans le foie (et toutes les autres sécré-

Digitized by Google

tions sont dans ce cas) n'était pas un phénomène direct. La production du sucre n'était que le résultat d'une série de transformations organiques et la sécrétion devait nécessairement donner autre chose que du sucre, c'est-à-dire une matière qui se changeait en sucre. Je fus ainsi amené à voir dans toute sécrétion des phénomènes de deux ordres, les uns vitaux, les autres chimiques, un phénomène vital cessant avec la vie, un phénomène chimique pouvant continuer après la mort. La vie produit dans le foie la matière qu'une transformation change ensuite en sucre ; cette transformation peut se continuer après la mort de l'animal dans un foie lavé de son sang, mais non débarrassé de la matière glycogène.

(*Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux*. T. I.)

Le déterminisme physiologique.

... La physiologie actuelle marche dans une voie qui établit de plus en plus le déterminisme rigoureux des phénomènes de la vie. Il n'y a pour ainsi dire plus de divergence entre les physiologistes à ce sujet.

Mais il n'en est pas de même pour les philosophes ; ils repoussent encore le déterminisme physiologique et pensent que certains phénomènes de la vie lui échappent nécessairement : par exemple, les phénomènes moraux. Ils craignent que la liberté morale puisse être compromise si l'on admet le déterminisme physiologique absolu. Récemment même un mathématicien, voyant les progrès de cette doctrine, a cherché à établir une conciliation entre le déterminisme scientifique et la liberté morale [1].

Le malentendu entre les philosophes et les physiologistes

1. M. Boussinesq (*Revue scientifique*, 1877, p. 986).

Digitized by Google

vient sans doute de ce que le mot déterminisme est pris par eux dans le sens de *fatalisme*, c'est-à-dire dans le sens du déterminisme philosophique de Leibnitz.

Les philosophes dont nous parlons ne refusent pas d'admettre que les phénomènes inférieurs de l'animalité pourraient être soumis au déterminisme ; que le mouvement et le jeu des organes seraient réglés par lui ; mais ils exceptent de cette obligation les phénomènes supérieurs, les phénomènes psychiques. De sorte qu'il faudrait distinguer dans l'homme les phènomènes de la vie soumis au déterminisme et ceux qui ne le sont pas.

Pour nous, le déterminisme physiologique ne peut subir de restriction : tous les phénomènes qui surviennent dans les êtres vivants et dans l'homme, phénomènes supérieurs ou inférieurs, sont soumis à cette loi. « Toute manifestation de l'être vivant, disons-nous, est un phénomène physiologique et se trouve liée à des conditions physicochimiques déterminées, qui le permettent quand elles sont réalisées, qui l'empêchent quand elles font défaut. »

C'est là le déterminisme absolu : il exprime que le monde psychique ne se passe point du monde physicochimique ; c'est là un fait d'expérience toujours vérifié. Les phénomènes de l'âme, pour se manifester, ont besoin de conditions matérielles exactement déterminées : c'est pour cela qu'ils apparaissent toujours de la même façon suivant des *lois*, et non arbitrairement ou capricieusement, au hasard d'une spontanéité sans règles.

Personne ne contestera qu'il y a un déterminisme pour la *non-liberté* morale. Certaines altérations de l'organe cérébral amènent la folie, font disparaître la liberté morale comme l'intelligence et obscurcissent la conscience chez l'aliéné.

Puisqu'il y a un déterminisme de la non-liberté morale, il y a nécessairement un déterminisme de la *liberté* morale, c'est-à-dire un ensemble de conditions anatomiques et physicochimiques qui lui permettent d'exister. Nous affir-

Digitized by Google

mons ce fait et nous disons : bien loin que les manifestations de l'âme échappent au déterminisme physicochimique, elles s'y trouvent assujetties étroitement et ne s'en écartent jamais, quelle que soit l'apparence contraire. Le déterminisme, en un mot, loin d'être la négation de la liberté morale, en est au contraire la condition nécessaire, comme de toutes autres manifestations vitales.

Que serait le monde s'il n'en était pas ainsi! Les relations de ce que l'on appelle le physique avec le moral ne seraient plus soumises à l'empire de lois précises, mais seraient dans un état de tiraillement anarchique, ou de caprice, dans un état contraire à l'harmonie de la nature, sans vérité et sans grandeur.

Le déterminisme n'est donc que l'affirmation de la *loi*, partout, toujours, et jusque dans les relations du physique avec le moral : c'est l'affirmation que, suivant le mot connu de l'antiquité : « Tout se fait avec ordre, poids et mesure. »

La loi du déterminisme ne saurait gêner la liberté morale, tandis que tout au contraire, le fatalisme, c'est-à-dire le déterminisme philosophique, la conteste et la nie.

En résumé, nous réclamerons l'universalité du principe du déterminisme physiologique dans l'organisme vivant, et nous exprimerons notre pensée en disant :

1° Il y a des *conditions* matérielles déterminées qui règlent l'apparition des phénomènes de la vie;

2° Il y a des *lois* préétablies qui en règlent l'ordre et la forme.

(*Leçons sur les phénomènes de la vie.*
Fin de la première leçon.)

Digitized by Google

TABLE CHRONOLOGIQUE DES SAVANTS

Les grands précurseurs.

Copernic : Les planètes circulent autour du soleil. 3

Viète : Le principe de l'homogénéité. 8

Galilée : L'utilité des machines. — L'Astronomie nouvelle et la Bible. — La chute des graves. — Le pendule 12

Képler : Piété et enthousiasme. 21

Descartes : Les principes des sciences. — Méthode cartésienne. — Application de l'algèbre à la géométrie. — Classification des courbes. — Résumé et péroraison de la géométrie. 25

Fermat : La haute arithmétique 34

Pascal : L'horreur du vide. — Le principe d'Archimède. — La roulette ou cycloïde. — De l'esprit de géométrie et de finesse. — Connaissance de l'homme. — Principes et règles de la démonstration 40

Les Mathématiciens et les Astronomes.

Jean-Dominique Cassini : L'Observatoire de Paris. — Chez la Reine 61

Huyghens : Le système des ondulations. — L'horloge à poids . . 67

Newton : L'unité du monde. — Les fluxions. — Les couleurs . . 71

Leibniz : Le calcul différentiel. — Emploi des séries. — Première idée du calcul intégral. — La continuité dans la nature. — Les intelligences de l'homme et des animaux. 77

Jacques Bernoulli : Une courbe admirable. — La voile au vent. 85

Jean Bernoulli : La chaînette. — Les caustiques. 87

Euler : L'analyse appliquée aux courbes. — Repos et mouvements. — L'origine et la nature des forces. 89

Clairaut : La figure de la terre. — La géométrie des commençants. 95

Digitized by Google

D'Alembert : La physique expérimentale ; l'induction et la déduction. — Simplicité et certitude. — Sur Descartes. — La découverte de l'astronomie. — La paresse des géomètres. — La beauté de la géométrie 102

Lagrange : Les cartes géographiques. — La statique et la dynamique. — La règle de trois 113

William Herschel : Les satellites d'Uranus 123

Monge : La descriptive et l'algèbre. — La construction des voûtes. — De l'ombre. — Le mirage. 126

Laplace : Le mouvement diurne. — La rotation de la terre. — La pesanteur universelle. — Le système du monde. — Synthèse et analyse. — Illusions et vaines frayeurs. — Les probabilités. 134

Delambre : Les progrès à faire en mathématiques. — La géodésie. — Une géodésie troublée 149

Legendre : La théorie des nombres. — Les fonctions elliptiques . 157

Lazare Carnot : La géométrie de position. — Les places fortes. — Le calcul infinitésimal. 162

Joseph Fourier : Les mathématiques et la nature. — La théorie de la chaleur. — La mécanique avant Lagrange. — L'Institut d'Égypte. — Les satellites de Jupiter 168

Gauss : Les fonctions circulaires. — La détermination des orbites célestes. — Les erreurs de mesure 179

Poncelet : Le principe de continuité en géométrie. — Les mathématiques retrouvées 188

Cauchy : Dépouillement du scrutin électoral. — La liberté du bien et du vrai. — L'insuffisance des mathématiques 195

Michel Chasles : Les mathématiques modernes. — Les méthodes de transformation. — Monge et Carnot, chefs d'école 201

Le Verrier : Les perturbations inexpliquées d'Uranus. — Les observations astronomiques. — La météorologie 210

Les Physiciens et les Chimistes.

Mariotte : La loi de Mariotte. — La prévision du temps. . . . 223

Volta : La découverte de la pile 228

Watt : Quelques notes 232

Coulomb : Les aiguilles aimantées. — La théorie de l'électricité . 235

Lavoisier : La composition de l'air. — La composition de l'eau. — Les combinaisons binaires de l'oxygène. — La combustion. — La fermentation vineuse 242

Berthollet : Les attractions chimique et astronomique. — Le blanchiment 257

Biot : Prolongement de la méridienne. — Au Muséum. — Hypothèses de coordination 262

Digitized by Google

André-Marie Ampère : L'électromagnétisme. — La théorie de l'électrodynamisme. — Les classifications. — Les divisions de la mécanique. 273

Malus : La double réfraction de la lumière. — La peste. . . . 284

Jacques Thénard : L'eau oxygénée. — L'analyse chimique . . . 291

Davy : Le potassium et le sodium. — Sur l'électromagnétisme. — Le progrès par la science. 297

Gay-Lussac : La combinaison des gaz. — L'iode 305

Dulong : Mesure des températures. — Lois du refroidissement. . 309

Chevreul : La chimie du teinturier. — Les corps gras. — Le contraste des couleurs 314

François Arago : Les interférences. — La courbure. — Une éclipse totale de soleil. — Le labeur de l'astronome. — Le relief du terrain. — La lune rousse 321

Fresnel : La diffraction. — La polarisation. — Emission ou ondulation? 335

Faraday : Les manipulations chimiques. — Une chandelle. . . 342

Jean-Baptiste Dumas : La balance de Lavoisier. — L'unité de la matière. — La conservation de la matière et de la force. — Les limites de la science. — La définition de la chimie. 348

Victor Regnault : Le travail des machines à vapeur. — La loi de compressibilité des gaz 356

Wurtz : Les atomes. — Encore les atomes. — Une réforme. — Les laboratoires 363

Henri Sainte-Claire-Deville : L'aluminium. — Sans preuves. — La dissociation et les changements d'état. 373

Pasteur : Une maladie des vers à soie. — La bière et le vin. — Les générations spontanées. — Les sciences appliquées. — La rage. 381

Les Naturalistes.

Tournefort : La grotte d'Antiparos. — La connaissance des plantes. 401

Réaumur : Les chenilles. — Les fourmis 408

Bernard de Jussieu : Les herborisations autour de Paris . . . 413

Laurent de Jussieu : Les familles végétales 415

Buffon : L'étude de l'histoire naturelle. — La nature. — L'unité de composition. — L'oiseau-mouche. — L'écureuil 419

Linné : La nomenclature en histoire naturelle. — A son maître Rudbeck. — Comptez les étamines. 434

Bénédict de Saussure : L'hygromètre à cheveu. — Le Mont-Blanc. 440

De Lamarck : Les animaux sans vertèbres. — La structure des

Digitized by Google

êtres vivants. — La théorie des causes actuelles. — Variabilité des espèces 450

René-Just Haüy : La structure des cristaux. — Les pierres précieuses 461

Alexandre de Humboldt : La lumière zodiacale en Amérique. — Averses d'étoiles filantes. — La végétation tropicale 465

Georges Cuvier : La méthode en paléontologie. — Corrélation des formes. — Les limites des sciences naturelles. — Les alluvions. La subordination des caractères. — Les animaux fossiles. — Les espèces perdues 473

Bichat : Les membranes. — Subdivision des vies animale et organique. — La mort 491

Etienne Geoffroy Saint-Hilaire : Un seul oiseau. — Les degrés de développement d'un organisme. — Napoléon en Egypte. . . 501

De Blainville : L'anatomie comparée. — La circumnavigation de La Bonite 507

Henri Milne-Edwards : L'utilité de la classification. — La classification zoologique. — La distribution géographique des animaux. 514

Agassiz : Les glaciers. — Les poissons fossiles. 523

Pyrame de Candolle : Les plantes médicinales. — Les physiologies végétale et animale. — Pourquoi les tiges se dirigent vers la lumière 531

Flourens : La circulation du sang. — L'unité du cerveau et de l'intelligence. — Formation des os 540

Lyell : L'épaisseur constante du sol végétal. — Les âges de la pierre, du fer et du bronze. — Les cités lacustres. 547

Elie de Beaumont : Le fer et la fonte. — La géologie des environs de Paris. — Les chaînes de montagnes. 556

Darwin : La sélection naturelle. — Les animaux composés. — L'hypothèse de l'évolution. — Promotion du singe. 564

De Quatrefages : Les termites de la Rochelle. — La race prussienne. — La division du travail. — L'homme fossile 572

Claude Bernard : Observation et expérimentation. — L'expérimentation biologique. — L'hypothèse. — L'idée de finalité. — Le cœur et les sentiments. — Production du sucre dans le foie. — Le déterminisme physiologique 587

Digitized by Google

TABLE MÉTHODIQUE DES EXTRAITS

Astronomie, géodésie, mécanique céleste.

Les planètes circulent autour du soleil (Copernic). 3
L'unité du monde (Newton). 71
Les satellites d'Uranus (W. Herschel) 123
Le mouvement diurne (Laplace) 134
La rotation de la terre (Id.). 136
La pesanteur universelle (Id.) 139
Le système du monde (Id.) 140
La géodésie (Delambre) 151
Les satellites de Jupiter (Fourier) 176
La détermination des orbites célestes (Gauss) 180
Les perturbations inexpliquées d'Uranus (Le Verrier). 210
Les observations astronomiques (Id.) 213
Prolongement de la méridienne (Biot). 262
Une éclipse de soleil (Arago). 326
Le labeur de l'astronome (Id.) 329
La lumière zodiacale en Amérique (de Humboldt). 465
Averses d'étoiles filantes (Id.) 469

Botanique.

La connaissance des plantes (Tournefort) 405
Les herborisations autour de Paris (Bernard de Jussieu) 413
Les familles végétales (Laurent de Jussieu). 415
Comptez les étamines (Linné) 436
Les plantes médicinales (de Candolle) 531
Les physiologies végétale et animale (Id.) 535
Pourquoi les tiges se dirigent vers la lumière (Id.) 537

Chimie.

La composition de l'air (Lavoisier) 242
La composition de l'eau (Id.) 245
Les combinaisons binaires de l'oxygène (Id.) 249

Digitized by Google

La combustion (Lavoisier) 253
La fermentation vineuse (Id.) 254
Les attractions chimique et astronomique (Berthollet) 257
Le blanchiment des toiles (Id.) 258
L'eau oxygénée (Thénard) 291
L'analyse chimique (Id.) 292
Le potassium et le sodium (Davy) 297
L'iode (Gay-Lussac) 307
La chimie du teinturier (Chevreul) 314
Les corps gras (Id.) 317
Les manipulations chimiques (Faraday) 342
La balance de Lavoisier (Dumas) 348
La définition de la chimie (Id.) 353
Les laboratoires (Wurtz) 369
L'aluminium (Deville) 373
Sans preuves (Id.) 374
La dissociation et les changements d'état (Id.) 377
Le fer et la fonte (Elie de Beaumont) 556

Les Méthodes d'enseignement.

La géométrie des commençants (Clairaut) 99
La découverte de l'Astronomie (d'Alembert) 108
La règle de trois (Lagrange) 119
Une réforme (Wurtz) 368
L'étude de l'histoire naturelle (Buffon) 419

Géographie, topographie, ethnographie.

Les cartes géographiques (Lagrange) 113
Le relief du terrain (Arago) 330
Le Mont-Blanc (de Saussure) 443
La végétation tropicale (de Humboldt) 471
La distribution géographique des animaux (H. Milne-Edwards) . 520
Les glaciers (Agassiz) 523
Les chaînes de montagnes (Élie de Beaumont) 563

Géologie, minéralogie, préhistoire.

Au Muséum (Biot) 266
La structure des cristaux (Haüy) 461
Les alluvions (Cuvier) 480
Les animaux fossiles (Id.) 485
Les poissons fossiles (Agassiz) 527
L'épaisseur constante du sol végétal (Id.) 547
Les âges de pierre, de fer et de bronze (Lyell) 548
Les cités lacustres (Id.) 552
La géologie des environs de Paris (Élie de Beaumont) 560

Digitized by Google

Histoire des Sciences.

La roulette ou cycloïde (Pascal) 46
L'Observatoire de Paris (Cassini) 61
Sur Descartes (d'Alembert) 106
Une géodésie troublée (Delambre) 153
L'Institut d'Egypte (Fourier). 175
Monge et Carnot, chefs d'école (Chasles) 208

Mathématiques.

Le principe de l'homogénéité (Viète) 8
Application de l'algèbre à la géométrie (Descartes) 30
La classification des courbes (Id.) 32
Résumé et péroraison de la géométrie de Descartes (Id.) . . . 32
La haute arithmétique (Fermat) 34
Les fluxions (Newton). 73
Le calcul différentiel (Leibniz) 77
L'emploi des séries (Id.). 78
Première idée du calcul intégral (Id.) 78
Une courbe admirable (Jacques Bernoulli) 85
La voile au vent (Id.). 85
La chaînette (Jean Bernoulli.) 87
Les caustiques (Id.) 88
L'analyse appliquée aux courbes (Euler) 89
La descriptive et l'algèbre (Monge). 126
La construction des voûtes (Id.) 127
De l'ombre (Id.) 130
Les progrès à faire en mathématiques (Delambre). 149
La théorie des nombres (Legendre). 157
Les fonctions elliptiques (Id.) 158
La géométrie de position (Carnot). 162
Le calcul infinitésimal (Id.) 165
La théorie de la chaleur (Fourier) 171
Les fonctions circulaires (Gauss) 179
L'analyse et la géométrie modernes (Chasles) 201
La courbure (Arago) 323

Mécanique.

L'utilité des machines (Galilée). 12
La chute des graves (Id.) 17
Le pendule (Id.) 18
L'horloge à poids (Huyghens) 68
Repos et mouvements vrais ou apparents (Euler). 90
L'origine et la nature des forces (Id.). 93
La figure de la terre (Clairaut) 95

Digitized by Google

La statique et la dynamique (Lagrange) 116
La mécanique avant Lagrange (Fourier). 173
Le travail des machines à vapeur (Regnault) 356

Les méthodes scientifiques.

Principes et règles de la démonstration (Pascal) 54
Synthèse et analyse (Laplace) 142
Les méthodes de transformation (Chasles) 201
Les classifications (Ampère). 279
La nomenclature en histoire naturelle (Linné) 434
Observation et expérimentation (Claude Bernard) 587
L'expérimentation biologique (Id.). 591
Le rôle de l'hypothèse (Id.) 594

Philosophie des sciences.

Les principes des sciences (Descartes). 25
Méthode cartésienne (Id.) 26
L'esprit de géométrie et de finesse (Pascal). 49
Connaissance de l'homme (Id.). 51
Le système des ondulations (Huyghens) 67
La continuité dans la nature (Leibniz) 81
La physique expérimentale; l'induction et la déduction (d'Alembert). 102
Simplicité et certitude (Id.). 105
Les mathématiques et la nature (Fourier) 168
Le principe de continuité en géométrie (Poncelet). 188
Hypothèses de coordination (Biot). 269
Les divisions de la mécanique (Ampère) 281
L'unité de la matière (Dumas) 349
La conservation de la matière et de la force (Id.). 350
Les limites de la science (Id.) 352
Les atomes (Wurtz) 363
Encore les atomes (Id.) 364
La nature (Buffon). 422
L'unité de composition (Id.) 424
La théorie des causes actuelles (de Lamarck) 456
La variabilité des espèces (Id.). 457
Les limites des sciences naturelles (Cuvier). 477
La subordination des caractères (Id.). 483
Les espèces perdues (Id.). 488
Un seul oiseau (Geoffroy Saint-Hilaire) 501
Les degrés de développement d'un organe (Id.). 502
L'utilité de la classification (H. Milne-Edwards) 514
La sélection naturelle (Darwin). 564
L'hypothèse de l'évolution (Id.) 566
La promotion du singe (Id.). 568
La division du travail (Quatrefages) 580
L'idée de finalité (Claude Bernard). 599
Le déterminisme physiologique (Id.) 606

Digitized by Google

Physique, météorologie.

L'horreur du vide (Pascal) 40
Le principe d'Archimède (Id.) 44
Les couleurs (Newton) 74
Le mirage (Monge) 132
Les erreurs de mesure (Gauss) 184
La météorologie (Le Verrier) 216
La loi de Mariotte (Mariotte) 223
La prévision du temps (Id.) 226
La découverte de la pile (Volta) 228
Les aiguilles aimantées (Coulomb) 235
La théorie de l'électricité (Id.) 240
L'électromagnétisme (Ampère) 273
La théorie de l'électrodynamisme (Id.) 275
La double réfraction de la lumière (Malus) 284
Une lettre sur l'électromagnétisme (Davy) 298
La combinaison des gaz (Gay-Lussac) 305
La mesure des températures (Dulong) 309
Les lois du refroidissement (Id.) 309
Les interférences (Arago) 321
La lune rousse (Id.) 332
La diffraction (Fresnel) 335
La polarisation (Id.) 336
Emission ou ondulation ? (Id.) 340
La loi de compressibilité des gaz (Regnault) 360
L'hygromètre à cheveu (de Saussure) 440
Les pierres précieuses (Haüy) 462

Variétés.

L'Astronomie nouvelle et la Bible (Galilée) 16
Piété et enthousiasme (Képler) 21
Chez la Reine (D. Cassini) 65
Les intelligences de l'homme et des animaux (Leibniz) 83
La paresse des géomètres (d'Alembert) 110
La beauté de la géométrie (Id.) 111
Illusions et vaines frayeurs (Laplace) 144
Les probabilités (Id.) 145
Les places fortes (Carnot) 163
Les mathématiques retrouvées (Poncelet) 192
Dépouillement d'un scrutin électoral (Cauchy) 195
La liberté du bien et du vrai (Id.) 198
L'insuffisance des mathématiques (Id.) 199
La peste (Malus) 288
Le progrès par la science (Davy) 302
Le contraste des couleurs (Chevreul) 318
Une chandelle (Faraday) 345
Les sciences appliquées (Pasteur) 393

Digitized by Google

La grotte d'Antiparos (Tournefort) 401
Au botaniste Rudbeck (Linné) 435
Napoléon en Egypte (Geoffroy Saint-Hilaire). 504

Zoologie, biologie, anthropologie.

Au Muséum (Biot). 266
Une maladie des vers à soie (Pasteur) 381
Les générations spontanées (Id.) 383
La rage (Id.) 395
Les chenilles (Réaumur) 408
Les fourmis (Id.) 410
L'oiseau-mouche (Buffon). 428
L'écureuil (Id.). 431
Les animaux sans vertèbres (Id.) 450
La structure des êtres vivants (de Lamarck). 464
Les membranes (Bichat). 491
Subdivisions des vies animale et organique (Id) 494
La mort (Id.) 497
L'anatomie comparée (de Blainville) 507
La circumnavigation de La Bonite (Id.) 511
La classification zoologique (H. Milne-Edwards) 517
La circulation du sang (Flourens) 540
L'unité du cerveau et de l'intelligence (Id.). 544
La formation des os (Id.). 545
Les animaux composés (Darwin) 564
Les termites de la Rochelle (Quatrefages) 572
La race prussienne (Id.). 577
L'homme fossile (Id.). 583
Le cœur et les sentiments (Claude Bernard). 601
Production du sucre dans le foie (Id.) 605

Bar-le-Duc. — Imprimerie Comte-Jacquet. Facdouel, Dir.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

DUE APR 3 '34
DUE MAR 24 '42
DUE APR 6 '42

Digitized by Google